

## Werkstattoffene CIM-Konzepte: Alternativen für CAD/CAM und Fertigungssteuerung

Behr, Marhild von (Ed.); Köhler, Christoph (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version  
Forschungsbericht / research report

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:  
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Behr, M. v., & Köhler, C. (Hrsg.). (1990). *Werkstattoffene CIM-Konzepte: Alternativen für CAD/CAM und Fertigungssteuerung* (Forschungsbericht KfK-PFT / Kernforschungszentrum Karlsruhe, Projektträgerschaft Fertigungstechnik, 157). München: Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Projektträgerschaft Fertigungstechnik.  
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-100434>

### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public. By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

**PROJEKTTRÄGERSCHAFT FERTIGUNGSTECHNIK**  
Forschungsbericht KfK-PFT 157

**WERKSTATTOFFENE CIM-KONZEPTE**  
**Alternativen für CAD/CAM und Fertigungssteuerung**

Marhild von Behr, Christoph Köhler (Hrsg.)

INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG E.V.  
ISF MÜNCHEN

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Arbeiten wurden mit Mitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT) gefördert.

Projektträger: Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

105 Seiten  
21 Abbildungen  
52 Literaturstellen

Mai 1990

## PFT-Berichte

Die Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH koordiniert und betreut als Projektträger im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT) das Förderprogramm Fertigungstechnik (PFT). Hierbei arbeitet sie eng mit Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft und Einrichtungen der öffentlichen Hand zusammen. Als Projektträger gibt sie die Schriftenreihe PFT-Berichte heraus.

Diese Schriftenreihe hat den Zweck, die im Programm PFT entwickelten und erprobten neuen Verfahren und Technologien zur Verbesserung der Fertigungstechnik bekannt zu machen und ihre rasche und breite Anwendung und Nutzung in der Praxis zu unterstützen.

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autoren. Die Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH übernimmt keine Gewähr insbesondere für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben, sowie die Beachtung privater Rechte Dritter.

Druck und Verbreitung:

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

Printed in the Federal Republic of Germany

ISSN 1076-6775

## **Zusammenfassung**

Eine Neuorientierung der Arbeitsgestaltung gilt als eine der wesentlichen Voraussetzungen für einen effizienten und flexiblen Einsatz von Systemen der rechnerintegrierten Produktion. Die Mehrheit der heute auf dem Technikmarkt angebotenen CIM-Komponenten und -systeme ist jedoch nicht für arbeitsorganisatorische Innovationen im Sinne von Dezentralisierung, Funktions- und Aufgabenintegration ausgelegt. Neuere technische Entwicklungen bieten dagegen interessante Alternativen, die besonders geeignet sind, effiziente und wünschenswerte Formen von Produktionsarbeit zu fördern und zu sichern.

Der vorliegende Band enthält vier Beiträge. Zunächst wird die Bedeutung der technischen Alternativen für die Zukunft der Industriearbeit aufgezeigt. Zwei ingenieurwissenschaftliche Expertisen stellen werkstattoffene CIM-Konzepte für CAD/NC-Integration und Werkstattsteuerung vor. Ein abschließender Beitrag präsentiert die Ergebnisse einer Umfrage bei Anbietern elektronischer Leitstände und beschreibt verschiedene organisatorische Formen der Nutzung dieser Systeme.

## **Summary**

INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG E.V. (ISF) MÜNCHEN

### **Shopfloor Oriented CIM-Concepts - Alternatives for CAD/CAM and Production Planning and Scheduling**

A new orientation concerning forms of work organization is considered a fundamental prerequisite for the efficient and flexible use of systems of computer integrated manufacturing. The majority of CIM components and systems that are supplied on today's technical market are, however, not constructed for innovations in work organization, such as decentralization and integration of functions and tasks. Recent technical developments offer, by contrast, interesting alternatives which are capable of advancing and securing efficient and desirable forms of production work.

The following volume has four contributions. The first paper is a discussion of the consequences of technical alternatives for the future of industrial work. Then two contributions from university engineering institutes outline CIM design options for the integration of CAD with NC programming and for shopfloor planning and scheduling which allow to be controlled by production workers. The final contribution presents survey results from producers of shopfloor control centres (Leitstand) and describes different organizational forms around the use of these systems.



## **Inhalt:**

|   |                |
|---|----------------|
| <b>Vorwort der Herausgeber</b>  | <b>1</b>       |
| <br>Marhild von Behr, Hartmut Hirsch-Kreinsen<br><b>Entwicklungsoptionen von Technik und Arbeit</b>   | <br><b>5</b>   |
| <br>Joachim Beck, Eckhard Hohwieler, August Potthast<br><b>Stand, Probleme und Zielsetzungen einer Vernetzung<br/>zwischen CAD und einer CNC-Werkzeugmaschine</b> | <br><b>23</b>  |
| <br>Alexander Hars, August-Wilhelm Scheer<br><b>Leitstände - ein neues Instrumentarium zur<br/>Fertigungssteuerung</b>  | <br><b>51</b>  |
| <br>Christoph Köhler<br><b>Nutzungsformen elektronischer Leitstände<br/>- Ergebnisse einer Anbieterbefragung -</b>  | <br><b>79</b>  |
| <br>Literatur aus dem Projekt "Werkstattqualifikation"  | <br><b>101</b> |
| <br>Das Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.<br>(ISF) München  | <br><b>105</b> |



## Vorwort

Im weiten Feld der technischen Entwicklungsoptionen zur industriellen Nutzung der Computertechnologie wurden im letzten Jahrzehnt überwiegend solche EDV-Systeme bis zur Marktreife gebracht, die auf die besonderen Bedingungen arbeitsteiliger betrieblicher Strukturen abgestimmt sind.

Diese Konzentration der Technikentwicklung auf eine bestimmte Richtung korrespondiert mit der lange Zeit vorherrschenden Rationalisierungstendenz, die über weitgehende Arbeitsteilung und Aufgabenzergliederung die Möglichkeiten der Substitution menschlicher Arbeitskraft durch Maschinen und Computer zu erweitern sucht. Diese Hauptrichtung der Technikentwicklung wird durch ein Bündel nicht-technischer, sozio-ökonomischer Bedingungen gestützt. Wichtiges Moment ist hierbei die primäre Ausrichtung der Systementwickler und Hersteller auf großbetriebliche Strukturen der Fertigung mittlerer bis großer Serien.

Die Defizite dieser relativ einseitig ausgerichteten Technikentwicklung treten zunehmend zutage. Insbesondere in Betrieben der Metallverarbeitung, die komplexe Produkte einzeln oder in kleineren Serien fertigen und zur Sicherung ihrer Konkurrenzfähigkeit auf rechnergestützte Systeme angewiesen sind, werden Mängel und Lücken marktgängiger Technikkomponenten und -systeme immer offensichtlicher.

Zum einen können mit den auf dem Technikmarkt dominierenden Systemen die prinzipiell gegebenen technischen und organisatorischen Flexibilitätspotentiale der neuen CIM-Techniken nicht in vollem Umfang genutzt werden. Zum anderen werden arbeitsteilige betriebliche Strukturen verstärkt oder induziert, wenn Systeme eingeführt werden, die implizit betriebs- und arbeitsorganisatorische Konzeptionen der Zentralisierung, Differenzierung und Spezialisierung enthalten. Das fördert Tendenzen einer im Vergleich zur Produktion unverhältnismäßigen personellen Ausweitung indirekter betrieblicher Bereiche der Planung und Steuerung und birgt angesichts steigender Flexibilitätsanforderungen des Marktes erhebliche Risiken verminderter Reaktionsfähigkeit vor Ort, d. h. in den Produktionswerkstätten.

Alternativen zur herkömmlichen Rationalisierungsrichtung sind weniger technikzentriert und stärker auf die Organisation betrieblicher Produktions- und Arbeitsprozesse orientiert. Eine wichtige Rolle spielt hier das Modell "qualifiziert-kooperativer Produktionsarbeit", das auf einer starken Rücknahme der funktionalen und fachlich-hierarchischen betrieblichen Arbeitsteilung basiert: Relativ homogene Gruppen fachlich qualifizierter Produktionsarbeiter übernehmen ganze Bündel von teilweise sehr unterschiedlichen planenden, kontrollierenden sowie ausführenden Aufgaben zur weitgehend autonomen und kooperativen Erledigung.

Obwohl nach Meinung vieler Experten eine Orientierung an diesem oft beschriebenen und diskutierten Modell erhebliche Vorteile für einen effizienten Einsatz einzelner CIM-Komponenten und deren Integration ver-



spricht, finden sich entsprechende arbeitsorganisatorische Strukturen in der betrieblichen Realität noch relativ selten. Eine Reihe von Hemmnissen und Barrieren stehen einer schnellen und weiten Verbreitung im Wege.

Eine der Barrieren gegenüber der Abkehr von herkömmlichen Formen des Technikeinsatzes und der Arbeitsorganisation stellen die nicht für derartige neue Arbeitsformen konzipierten technischen Systeme dar. Erst in neuerer Zeit sind technische Entwicklungen zu beobachten, die entweder speziell für Werkstattbetrieb ausgelegt oder arbeitsorganisatorisch so offen sind, daß sie sich auch für den dezentralen Einsatz in der Werkstatt eignen.

Der vorliegende Band konzentriert sich auf diese Thematik der neueren Technikoptionen, die arbeitsorganisatorisch flexibel sind und damit eine der Voraussetzungen für strukturinnovative Rationalisierungsstrategien bilden.

Er stellt einen Teil der Ergebnisse eines mehrjährigen Forschungsprojektes vor, das die Veränderungen und Perspektiven qualifizierter Produktionsarbeit vornehmlich im Maschinenbau zum Gegenstand hatte. Unter dem Titel *"Integrativer Einsatz rechnergestützter Technik und Qualifikationsstruktur in der mechanischen Fertigung - Voraussetzungen und Ansätze zur Qualifikationssicherung in der Werkstatt"* (abgekürzt: Projekt "Werkstattqualifikation") wurde dieses Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie von Ende 1984 bis Mitte 1989 am ISF München bearbeitet und vom Projektträger Fertigungstechnik in Karlsruhe betreut.

Im Verlauf der Projektarbeiten sind eine Reihe von Veröffentlichungen entstanden (vgl. Literaturverzeichnis, S. 101), in die sich der vorliegende Band mit der speziellen Thematik werkstattoffener CIM-Konzepte einreicht. Eine umfassendere Darstellung der Projektergebnisse erscheint zeitgleich in einer gesonderten Veröffentlichung.<sup>1</sup>

Während der Projektarbeit fand eine Kooperation mit Ingenieurwissenschaften und Informatikern statt, die zur Bearbeitung spezifischer, für das Projekt wichtiger technischer Fragen im Rahmen kleinerer Subaufträge führte. Zwei der hierbei entstandenen ingenieurwissenschaftlichen Expertisen, die sich mit verschiedenen Anwendungsfeldern werkstattoffener CIM-Konzepte befassen, stehen im Zentrum des vorliegenden Bandes.

Der einleitende Beitrag *"Entwicklungsoptionen von Arbeit"* (Marhild von Behr, Hartmut Hirsch-Kreinsen), diskutiert die Bedeutung neuerer technischer Entwicklungen für die Zukunft der Industriearbeit und deren Verhältnis zu anderen arbeitsorganisatorischen Gestaltungsmöglichkeiten.

<sup>1</sup> Hartmut Hirsch-Kreinsen, Rainer Schultz-Wild, Christoph Köhler, Marhild von Behr: Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion - Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau, Campus Verlag, Frankfurt/München 1990.

Es folgt die zusammenfassende Darstellung der am IPK Berlin durchgeführten ingenieurwissenschaftlichen Expertise über *"Stand, Probleme und Zielsetzungen einer Vernetzung zwischen CAD und einer CNC-Werkzeugmaschine"* (Joachim Beck, Eckhard Hohwieler, August Potthast). Im Mittelpunkt steht die Vernetzung von CAD mit werkstattorientierten Programmiersystemen (WOP), die vor allem auch für den Einsatz in der Fertigung konzipiert ist. Durch diese sog. CAD/WOP-Kopplung steht erstmals eine technische Variante zur Verfügung, die im Unterschied zu den gängigen CAD-NC-Lösungen eine werkstattorientierte Vernetzung mit CAD in der Konstruktion aufweist.

Die zweite, am IWI Saarbrücken erstellte Expertise *"Leitstände - ein neues Instrumentarium zur Fertigungssteuerung"* (Alexander Hars, August-Wilhelm Scheer) stellt in neuerer Zeit entwickelte EDV-Systeme vor, die unter dem Begriff graphische oder elektronische Leitstände zusammenzufassen sind. Sie sind auf kleinere bis mittelgroße Dispositionsbereiche ausgelegt und von der Bedienoberfläche her auch für das Werkstattpersonal zugänglich. Damit ist der arbeitsorganisatorische Einsatz nicht einseitig festgelegt.

Schließlich werden unter dem Titel *"Nutzungsformen elektronischer Leitstände - Ergebnisse einer Anbieterbefragung"* (Christoph Köhler) Ergebnisse einer kleineren Umfrage präsentiert, die 1989 vom ISF bei Anbietern elektronischer Leitstände durchgeführt worden ist. Alternative technische und organisatorische Formen der Nutzung dieser Systeme werden aufgezeigt und deren Bedeutung für die Mobilisierung des Erfahrungswissens des Werkstattpersonals analysiert.

Die vier Beiträge hatten entsprechend ihrer Entstehung in verschiedenen Instituten eine sehr unterschiedliche äußere Form. Vielfältige Korrekturen sowie die technische Bearbeitung der Texte und Grafiken verdanken wir Karla Kempgens.

Die Diskussion um die Neuorientierung der Arbeitsgestaltung erhält heute dadurch besonderes Gewicht, daß bei vielen Betrieben die Phase der Experimente mit den sog. computertechnischen Insellösungen zu Ende geht, in der teilweise von den Anwendern durchaus noch über einen vollständigen Rückzug aus der Computertechnik spekuliert wurde. Nun soll der nächste Schritt zu einer möglichst vollständigen Computerisierung getan werden, der durch weitgehende Integration der EDV-Systeme bis hin zur "papierlosen Fabrik" gekennzeichnet ist. Ziel des vorliegenden Bandes ist es, zu diesem Zeitpunkt des Aufbruchs in eine neue Dimension des betriebsweiten Rechnereinsatzes noch relativ wenig verbreitete rechnertechnische Lösungen und arbeitsorganisatorische Konzepte zur Diskussion zu stellen, die nicht nur effiziente sondern auch gesellschaftspolitisch wünschenswerte Formen qualifizierter Produktionsarbeit zulassen und fördern.

München, im Mai 1990

Die Herausgeber



Marhild von Behr, Hartmut Hirsch-Kreinsen \*

## ENTWICKLUNGSOPTIONEN VON TECHNIK UND ARBEIT

|   |    |
|---|----|
| <b>Einleitung</b>   | 7  |
| <b>I. Zum gegenwärtigen Stand von Technik und Arbeit</b>                | 8  |
| <b>II. Entwicklungsoptionen von Industriearbeit</b>                     | 10 |
| <b>III. Technische Voraussetzungen qualifizierter Produktionsarbeit</b> | 17 |
| <b>Literatur</b>  | 22 |

\*

Dr. Marhild von Behr und Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. (ISF) München.

Der Beitrag faßt wichtige Teilergebnisse aus dem Projekt "Werkstattqualifikation" zusammen. Das Mitte 1989 abgeschlossene Forschungsvorhaben wurde von einem Team wissenschaftlicher Mitarbeiter des ISF bearbeitet, dem neben den Verfassern Dr. Christoph Köhler und Dr. Rainer Schultz-Wild angehören. Die Grundthesen des Beitrags waren auch Gegenstand eines Vortrages, der auf der Tagung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz "Arbeitsschutz an flexiblen Fertigungssystemen" im April 1989 in Dortmund von Hartmut Hirsch-Kreinsen gehalten wurde.



## Einleitung

Resümiert man die derzeitige, teilweise über die Grenzen der spezialisierten Fachöffentlichkeit hinausgehende Diskussion über die Entwicklungstendenzen der Industriearbeit beim Einsatz mikroelektronischer Techniken, so stößt man sehr schnell auf folgende Aussagen: Nicht allein der Rechnereinsatz und die fortschreitende Rechnerintegration (CIM: Computer Integrated Manufacturing), sondern vor allem auch qualifizierte Arbeitskräfte seien unabdingbare Voraussetzung zukünftiger, wettbewerbsfähiger Fabrikstrukturen. Nur qualifiziertes Personal sei in der Lage, eine hinreichende Flexibilität und Produktivität neuer Techniken gleichzeitig und auf Dauer zu realisieren. Als Voraussetzung hierfür gilt eine Umkehr der traditionellen, auf eine fortschreitende Arbeitsteilung gerichteten "tayloristischen" Rationalisierungsstrategien, ein Abbau bestehender betrieblicher Hierarchien und generell eine Dezentralisierung betrieblicher Entscheidungsstrukturen.

Solche oder ähnliche Annahmen, die teilweise einen dezidierten Prognosecharakter haben, werden nahezu gleichlautend seit einiger Zeit nicht nur von Sozialwissenschaftlern, sondern auch von Ingenieurwissenschaftlern und Technikern vertreten, die früher an Fragen nach der Entwicklung von Qualifikation und Arbeitskräftestrukturen eher desinteressiert waren. Insgesamt befindet sich danach die Entwicklung der industriellen Arbeit in einer Übergangsphase, die - vor allem bei entsprechender politischer Nachhilfe - relativ umstandslos in neue qualifizierte und ganzheitliche Formen von Industriearbeit münden wird.

Ohne an dieser Stelle die theoretische wie empirische Kritik an diesen Annahmen aufgreifen zu können, sollen im folgenden einige Befunde und Hypothesen zur Diskussion gestellt werden, die ein differenzierteres Bild der derzeitigen und absehbaren Situation von Industriearbeit zeichnen. Vor allem gilt es, eine vorschnelle Gleichsetzung einer informationstechnischen Integration mit einer arbeitsorganisatorischen Integration zu vermeiden. Beide Dimensionen gilt es auseinanderzuhalten, soll nicht nur der Rechnereinsatz, sondern auch der arbeitsorganisatorische Wandel planvoll verlaufen.

These ist, daß sich für die künftige Entwicklung von Industriearbeit aufgrund der verschiedensten betrieblichen und überbetrieblichen Bedingungen keineswegs ein eindeutiges Muster abzeichnet, sondern daß den Betrieben hier sehr unterschiedliche Optionen der Arbeitsgestaltung offenstehen. An dieser Breite möglicher Entwicklungsoptionen und ihrer jeweiligen Bedingungen müssen arbeitsgestalterische Maßnahmen ansetzen, wenn nicht nur effiziente, sondern auch sozialverträgliche sowie Akzeptanz und Motivation sichernde Formen von Industriearbeit auf Dauer durchgesetzt werden sollen.

Die folgende Argumentation basiert vor allem auf Befunden aus neueren quantitativ und qualitativ ausgerichteten Forschungsprojekten des ISF

München.<sup>1</sup> Ihr Gegenstand sind die arbeitsorganisatorischen und qualifikatorischen Gestaltungsmöglichkeiten bei der Einführung von CIM-Techniken (FFS, PPS, CAD/CAM) im Produktionsbereich des Investitionsgüter produzierenden Gewerbes. Erstens soll kurz der Stand der technisch-arbeitsorganisatorischen Entwicklung skizziert werden, davon ausgehend sollen zweitens grundlegende Optionen der Arbeitsgestaltung beim Rechnereinsatz präzisiert werden und drittens sollen vor allem rechnertechnische Voraussetzungen wünschenswerter Formen von Industriearbeit diskutiert werden.

## **I. Zum gegenwärtigen Stand von Technik und Arbeit**

(1) Der Einsatz von CIM-Techniken steht nach unseren quantitativen Erhebungsdaten in der Investitionsgüterindustrie zwar erst am Anfang, er weist jedoch eine hohe Ausbreitungsdynamik auf. So hatten 1986/87 nur etwa 9% der Betriebe dieses Industriebereichs eine innerbetriebliche On-line-Vernetzung zwischen mindestens zwei betrieblichen Funktionsbereichen realisiert. Eine Tendenz zur schnellen Ausbreitung integrierter Systeme läßt sich aber den vorliegenden Angaben zu den geplanten Vernetzungsmaßnahmen entnehmen, wonach bis zum Beginn der 90er Jahre in fast einem Viertel der Betriebe der Investitionsgüterindustrie innerbetriebliche Vernetzungen anzutreffen sein werden. Dies betrifft nicht nur größere Betriebe, sondern zunehmend auch mittlere bis kleinere Betriebe.

Zum Teil enthalten die Planungsabsichten der Betriebe weitgesteckte Integrationsziele:

- Annähernd die Hälfte der in der Vernetzung aktiven Betriebe plant, diese relativ rasch auf mindestens vier verschiedene Funktionsbereiche auszudehnen.
- Wiederum rund die Hälfte der Betriebe mit entsprechenden Planungen sind "Neueinsteiger", die noch keinerlei rechnergestützte Vernetzungen aufweisen.
- Etwa jeder zehnte dieser Neueinsteiger beabsichtigt sogar den Sprung in die Komplettnetzung im technischen Bereich.

Auch wenn manche dieser Vorhaben eine gewisse Planungsillusion beinhalten, signalisieren sie doch eine erhebliche Veränderungsdynamik in Richtung auf die rechnerintegrierte Fabrik. Schwerpunkte der CIM-Realisierung sind dabei neben dem fortschreitenden Einsatz flexibler Fertigungssysteme und Fertigungszellen vor allem der Einsatz rechnerintegrierter Organisations- und Planungstechniken. Je nach Ausgangssituation und den damit verbundenen Rationalisierungszielen richtet sich das

---

<sup>1</sup> Ausführliche Ergebnisse der Projekte finden sich in: Schultz-Wild u.a. 1989, Hirsch-Kreinsen u.a. 1990.



Interesse einer Mehrheit von Betrieben entweder auf die Realisierung von CAD/CAM-Systemen oder aber von PPS-Systemen.

Neueste Erhebungen im Rahmen des am ISF laufenden Forschungsvorhabens mit dem Titel "CIM-Implementation und arbeitsorganisatorische Strukturinnovation"<sup>2</sup> zeigen ebenfalls, daß die Betriebe einen breiten Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion planen, den sie in nächster Zukunft auch realisieren wollen.

(2) In Hinblick auf die Gestaltung der Arbeitsorganisation und des Personaleinsatzes zeigt sich demgegenüber aktuell nur eine vergleichsweise geringe Veränderungsdynamik. Unseren breit angelegten qualitativen Betriebserhebungen zufolge drückt sich diese Situation darin aus, daß die integrierten Systeme arbeitsorganisatorisch in einer Weise genutzt werden, die den herkömmlichen Mustern von Arbeitsteilung und Hierarchie folgt.

Bei der Systemeinführung zeigt sich in gut der Hälfte der Betriebe eine hohe Stabilität und Konstanz der gegebenen, mehr oder weniger ausgeprägt arbeitsteiligen Arbeitsorganisation und der damit zusammenhängenden Qualifikationsstrukturen. Im Rahmen dieser *"tayloristischen Rationalisierungsstrategie"* erhält sich vielfach die eingespielte Trennung von Disposition und Ausführung innerhalb der betrieblichen Hierarchie und eine deutliche funktionale Arbeitsteilung zwischen den Servicebereichen, der Arbeitsvorbereitung und der Werkstatt, in der wiederum Systeme fachlich-hierarchischer Arbeitsteilung vorherrschen. Die neuen technischen Systeme werden in diesen Betrieben in der Regel im Rahmen eines sehr pragmatischen und an einer kurzfristigen Risikominimierung orientierten Einführungsprozesses realisiert. Die Planungen des Managements, häufig nur mit formaler und passiver Beteiligung des Betriebsrats, sind nahezu ausschließlich technisch ausgerichtet, und die Gestaltung der Arbeitsorganisation und des Personaleinsatzes wird als sekundäres Problem angesehen. Die neuen Systeme werden auf diese Weise gleichsam "ungeplant" in die gewachsenen technischen und arbeitsorganisatorischen Betriebsstrukturen eingepaßt.

Lediglich in einem Drittel von Betrieben ist zumindest eine partielle Abkehr von diesem Vorgehen erkennbar und es kann hier von einer *"struktursuchenden Rationalisierungsstrategie"* gesprochen werden. Hauptmerkmal dieser Strategie sind Experimente mit den bisherigen Schnittlinien von Arbeitsteilung und Hierarchie, indem einerseits zuvor separat ausgeführte dispositive Funktionen, wie beispielsweise die genaue Terminierung oder ein Teil der technologischen Planung - wie etwa die NC-Programmierung - aus der Arbeitsvorbereitung in Richtung Werkstatt zurückverlegt werden. Wurden in solchen Bereichen bisher mehrheitlich Arbeitskräfte unterhalb des Facharbeiterniveaus beschäftigt, so werden dort jetzt verstärkt auch Facharbeiter eingesetzt. Andererseits jedoch zeigt sich - teilweise in ein und demselben Betrieb - eine Vertiefung be-

<sup>2</sup> Dieses Projekt ist eingebunden in den Untersuchungsverbund Wirkungsanalyse im Programm Fertigungstechnik 1988-1992 der Bundesregierung. Ein Teil des Projektes befaßt sich mit der Evaluierung der indirekt-spezifischen CIM-Förderung. Erste Ergebnisse finden sich in: v. Behr 1990.



stehender Formen der Arbeitsteilung im Zuge des Einsatzes neuer Rechensysteme. Vielfach offen ist daher der weitere Verlauf dieser Strategie. Es ist keineswegs ausgemacht, daß damit eine dauerhafte und betriebsumfassende Rücknahme der bisherigen Arbeitsteilung eingeleitet wird. Auf der Basis einer vergleichsweise systematischen, auch Fragen der Betriebs- und Arbeitsorganisation einschließenden Umstellungsplanung befindet sich das Management dieser Betriebe, teilweise mit aktiver Beteiligung des Betriebsrats, in einer Art technisch-arbeitsorganisatorischem Suchprozeß, in dessen Verlauf es zunächst einmal darum geht, Optionen offenzuhalten und zukünftige Gestaltungsmöglichkeiten nicht zu verbauen.

Demgegenüber findet sich nur in rund einem Zehntel der Betriebe eine Rationalisierungsstrategie, die als "*strukturinnovativ*" bezeichnet werden kann. Hauptmerkmal einer solchen Strategie ist eine tendenziell betriebsumfassende Abkehr von den herkömmlichen "tayloristisch" orientierten Rationalisierungsstrategien beim Einsatz rechnerintegrierter Systeme. In den untersuchten Betrieben zeigt sich diese Strategie verschiedentlich erst auf der Ebene einer neuformulierten "Managementphilosophie", verschiedentlich findet sich schon ein relativ weitgehender Abbau von Planungs- und Vorbereitungsbereichen zugunsten einer (Re)-Integration dispositiver und ausführender Funktionen auf Werkstattsebene - in der Regel auf der Basis von Facharbeiterqualifikationen. Gemeinsam ist jedoch sehr vielen dieser Betriebe, daß eine derartige Strategie offensichtlich in Folge einer mehr oder weniger krisenhaften Zuspitzung der betrieblichen Gesamtsituation eingeschlagen wird. Dies ist etwa der Fall bei einem nur noch schwer zu bewältigenden Widerspruch zwischen den Anforderungen nach Flexibilisierung und Kostenminimierung oder wenn eine sehr ungünstige Kostenstruktur aufgrund eines unverhältnismäßigen Anwachsens der Gemeinkosten vorliegt, und dadurch die betriebliche Rentabilität nachhaltig gefährdet ist. Dies bedeutet, daß über das übliche Maß hinaus sowohl das Topmanagement als auch häufig die Arbeitnehmerinteressenvertretung ein hohes Engagement mit einer solchen Umstellung verbinden, was eine der Voraussetzungen für ihren Erfolg zu sein scheint.

Die verschiedenen Rationalisierungsstrategien der Betriebe korrespondieren mit bestimmten Implementationstypen. Zu unterscheiden sind der technikzentrierte, der offene und der arbeitszentrierte Implementationstyp (Hirsch-Kreinsen u.a. 1990; *Bild 1*).

## II. Entwicklungsoptionen von Industriearbeit

Obgleich sich die Veränderungen der Arbeitsorganisation beim Einsatz rechnerintegrierter Systeme insgesamt als kaum dramatisch darstellen, verbinden sich mit ihnen einige Momente, die auf sehr unterschiedliche zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten von Industriearbeit verweisen. Zum einen handelt es sich dabei um Aspekte, die rudimentär in den skizzierten Strategien, etwa in der struktursuchenden Strategie, erkennbar

## Implementationstyp

|   | technikzentriert                                       | offen  | arbeitszentriert  |
|---|--|--|---|
| <b>Rationalisierungsstrategie</b>                       | tayloristisch  | struktursuchend  | strukturinnovativ   |
| <b>Prozeduren</b>                                       | Dominanz technischer Planung                           | technisch-organisatorische Planung   | organisatorische Restrukturierung                                   |
| <b>Planungsorientierung</b>                             | kurzfristig orientierte Implementation                 | in langfristiger Perspektive Offenhalten von Optionen                        | Langfristorientierung   |
| <b>Systemkonzept</b>                                    | büroorientiert-zentralistisch                          | schrittweise werkstattbezogene Teilintegration                               | selektiver Rechneinsatz, inselförmig - werkstattorientiert          |
| <b>Akteure und Interessen</b>                           | Partikularinteressen des mittleren Managements         | Kooperativer Entscheidungsprozeß, teils mit Topmanagement                    | patriarchalisch oder Verhandlungsprozeß                             |
|   | reaktive Betriebsratspolitik                           | reaktive oder aktive Betriebsratspolitik, Verstärken innovatorischer Ansätze | Betriebsratseinbindung oder kooperative Gegenmacht                  |
| <b>Infrastrukturelle Voraussetzungen und Ressourcen</b> | oft nur begrenzte interne Planungskapazitäten          | relativ hohe interne und externe Planungskapazitäten                         | Mobilisierung vielfältiger interner und externer Planungsressourcen |
|   | Dominanz der Hersteller der technischen Systeme        | Dominanz der Anwender bzw. gleichberechtigte Kooperation                     | Dominanz der Anwender bzw. gleichberechtigte Kooperation            |
| <b>Bild 1</b>   | <b>Merkmale unterschiedlicher Implementationstypen</b> |  | <b>ISF 1990</b>   |

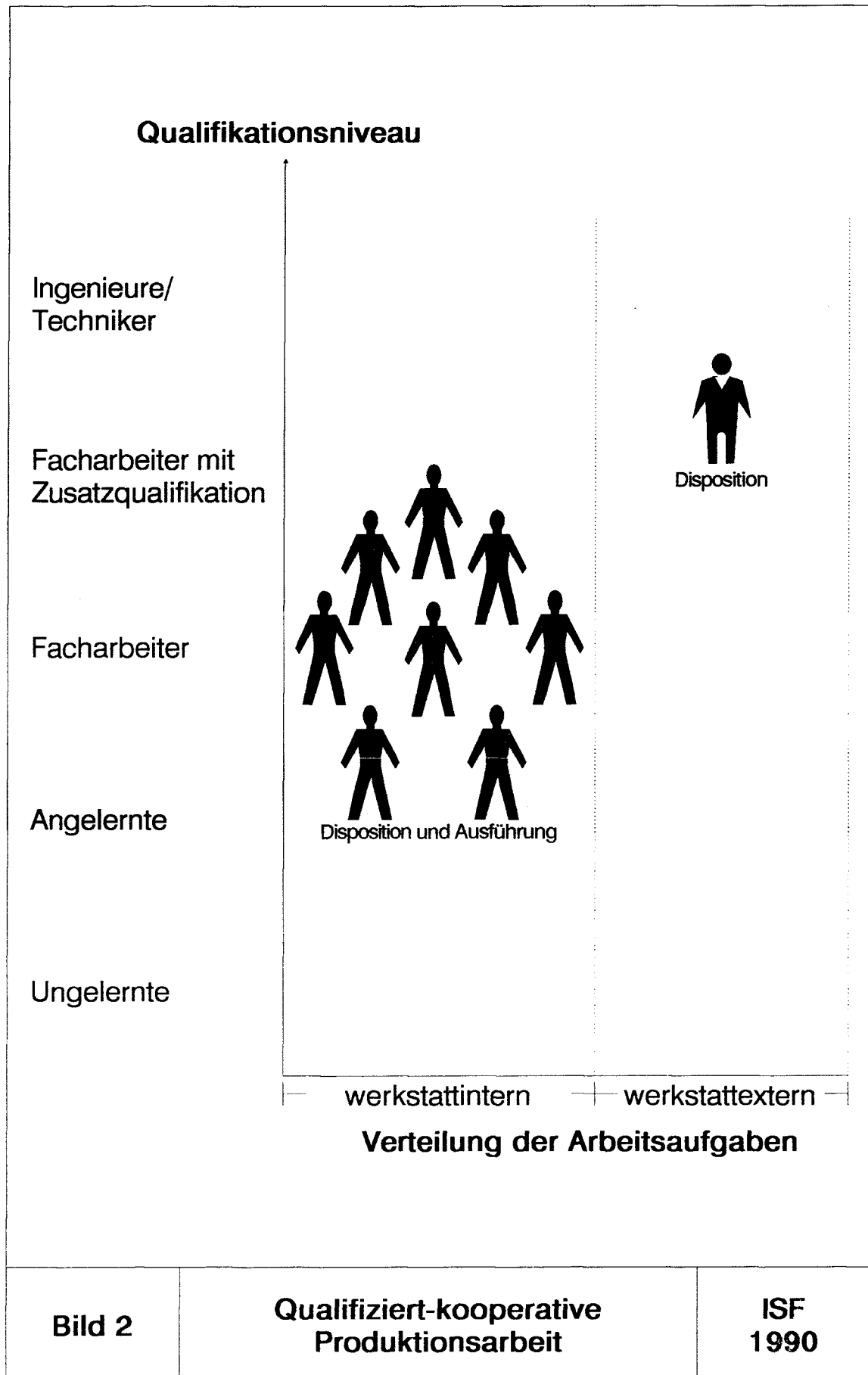
sind. Zum anderen aber müssen hier vor allem auch die deutlichen und vielfach diskutierten Veränderungen betriebsexterner Faktoren wie die Strukturen von Absatzmärkten, Arbeitsmarktbedingungen oder die weitere Technikentwicklung in Rechnung gestellt werden.

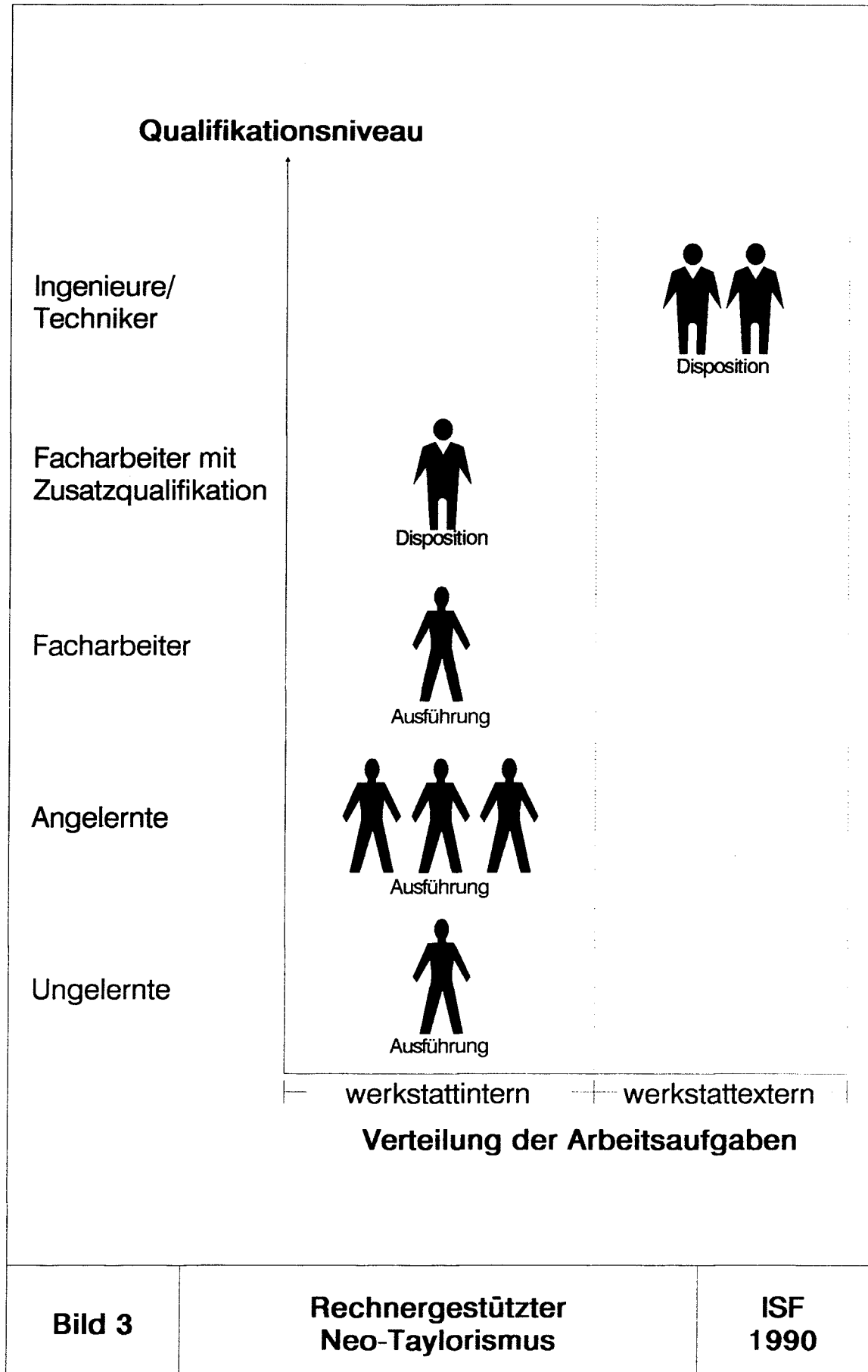
Das Zusammenspiel dieser und weiterer Momente drängt die Rationalisierungsstrategien von Betrieben nicht in eine eindeutige Richtung, sondern es werden sehr verschiedene Entwicklungsoptionen der industriellen Arbeit erkennbar und grundsätzlich denkbar.

(1) Eine erste Entwicklungsoption entspricht ohne Frage einem Fluchtpunkt der Entwicklung industrieller Arbeit, auf den in den eingangs skizzierten Annahmen abgestellt wird, und der in der strukturinnovativen Strategie erkennbar ist. Er definiert sich durch ein arbeitsorganisatorisches Modell, das als "*qualifiziert-kooperative Produktionsarbeit*" bezeichnet werden kann (*Bild 2*): In diesem Modell, das auf einer starken Rücknahme der betrieblichen Arbeitsteilung basiert, wird einer fachlich relativ homogenen und überaus qualifizierten Facharbeiterbelegschaft in der Werkstatt ein ganzes Bündel teilweise sehr unterschiedlicher dispositiver, vorbereitender sowie ausführender Funktionen zu weitgehend autonomer und kooperativer Verrichtung übertragen, die von der technologischen Arbeitsplanung und Programmierung über die Instandhaltung bis hin zur bloßen Maschinenbeschickung reichen können. Am weitesten realisiert findet sich qualifiziert-kooperative Produktionsarbeit in verschiedenen Formen von Gruppenarbeit. Eine solche Arbeitsgruppe, bei der es sich beispielsweise um die Mannschaft an einem flexiblen Fertigungssystem handeln kann, ist im Innenverhältnis weitgehend souverän und im Grenzfall nur nach dem Black-Box-Prinzip über auszuhandelnde Lieferbeziehungen in die übergeordneten Funktionszusammenhänge des Produktionsprozesses eingebunden.

Obgleich es gute Gründe für die Annahme gibt, daß insbesondere angesichts der zunehmenden, von den Absatzmärkten ausgehenden Flexibilitätsanforderungen nur eine nach diesem Modell organisierte Industriearbeit mit langfristiger ökonomischer Effizienz verbunden ist, sind Zweifel angebracht, ob sich solche Arbeitsformen unter den gegenwärtigen und absehbaren Bedingungen als Hauptkorridor der Entwicklung durchsetzen werden. Als Barrieren können sich beispielsweise das zurückgehende Angebot qualifizierter Produktionsarbeiter auf dem Arbeitsmarkt sowie die nicht für derartige Arbeitsformen konzipierten technischen Systeme erweisen. Weiterhin sind betriebsstrukturelle Barrieren unübersehbar: beispielsweise Risiken beim Verlassen scheinbar bewährter und eingespielter organisatorischer Strukturen und damit zusammenhängender Macht- und Interessenkonstellationen oder unkalkulierbarer Zusatzaufwand im Zuge notwendiger Reorganisations- und Qualifizierungsmaßnahmen.

(2) Diese Bedingungen verstärken demgegenüber eine Entwicklungsoption, die mit dem Begriff des "*rechnergestützten Neo-Taylorismus*" bezeichnet werden kann (*Bild 3*). Sein zentrales Merkmal ist die Weiterentwicklung und effiziente Vertiefung der hierarchischen, funktionalen und fachlichen Arbeitsteilung. Die Funktionen der Planung, Programmie-





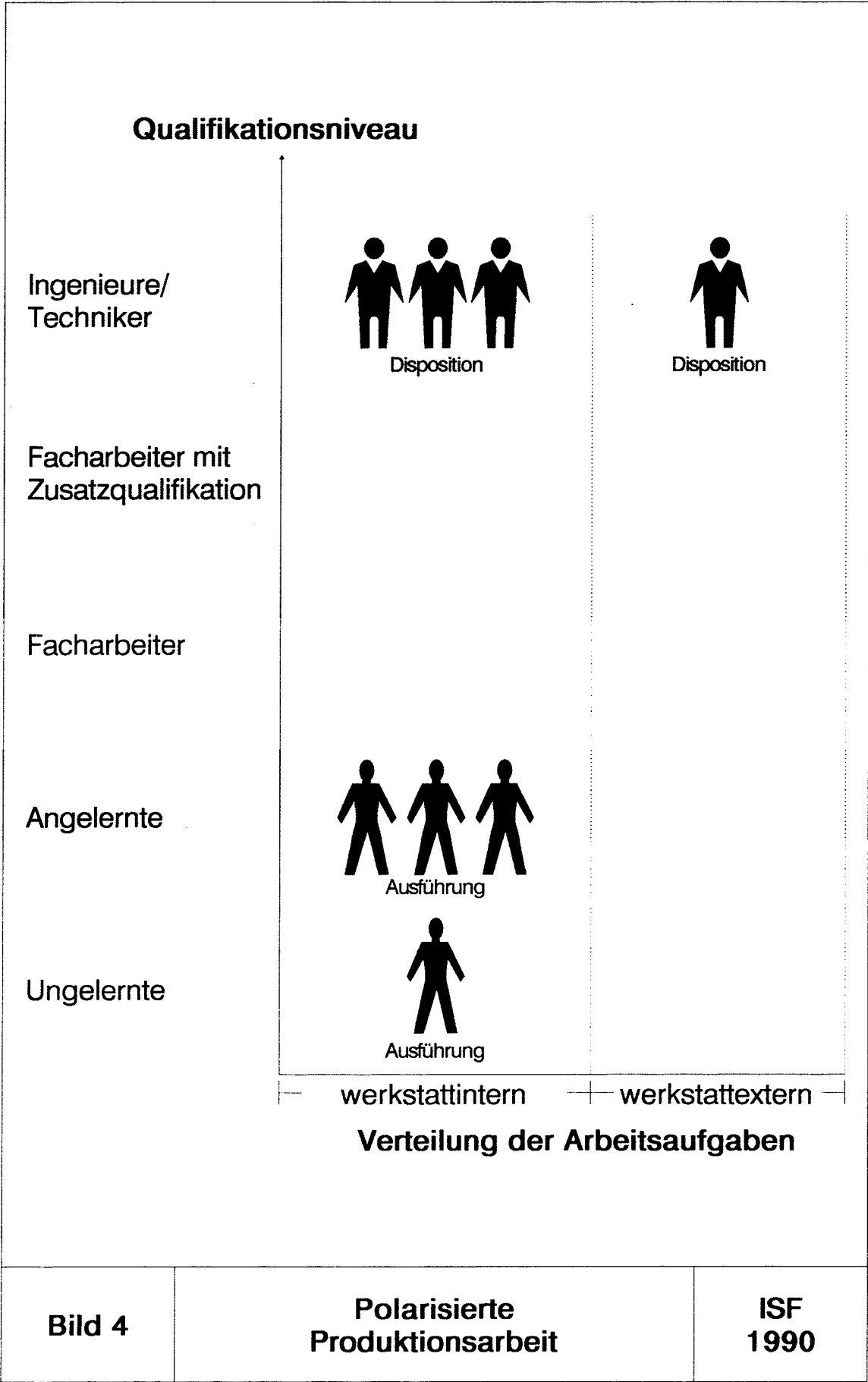
rung oder Zeitkalkulation werden ausschließlich in technischen Büros ausgeführt. Betriebliche Servicebereiche wie Instandhaltung, Reparatur, Qualitätskontrolle und Betriebsmittelwesen werden gleichfalls systematisch vom Produktionsprozeß separiert und von dafür besonders qualifizierten Facharbeitern und Technikern ausgeführt. In den Produktionswerkstätten verbleiben nur die direkt fertigungsbezogenen Funktionen wie Werkstückhandhabung, Maschinenüberwachung und -einrichtung, die soweit wie möglich von spezialisierten Arbeitskräften auf hierarchisch abgestuften Arbeitsplätzen ausgeführt werden. Tendenziell sind für die Ausführung dieser Funktionen nurmehr zivilisatorische Mindestvoraussetzungen, grundlegende Arbeitstugenden und leicht erwerbbar Routinen erforderlich.

Soweit sich diese Entwicklung durchsetzt, ist sie einerseits ohne Frage längerfristig gesehen mit einem Verlust an betrieblicher Effizienz und Rentabilität verbunden, da generell die Turbulenzen auf den Absatzmärkten und die damit verknüpften Flexibilitätsanforderungen an die betrieblichen Strukturen steigen. Andererseits ist jedoch die gleichsam rechnergestützte Fähigkeit auch neotayloristischer Strukturen zu berücksichtigen, objektiv vorhandenen Veränderungsdruck über längere Zeit hinweg erfolgreich zu neutralisieren.

(3) Davon zu unterscheiden ist eine dritte Entwicklungsoption, die als "*polarisierte Produktionsarbeit*" charakterisiert werden kann (Bild 4). Rationalisierungsstrategien, die dieser Option entsprechen, nutzen die offenkundigen Effizienzvorteile, die mit einer zumindest partiellen Rückverlagerung dispositiver und vorbereitender Funktionen an die "Front" ausführender Funktionen der Werkstatt verbunden sind. Hierfür werden jedoch nicht qualifizierte oder weiterqualifizierte Facharbeiter eingesetzt, sondern Arbeitskräfte mit einem ganz anderen, tendenziell universitären Bildungs- und Ausbildungshintergrund, wie ihn beispielsweise Ingenieure aufweisen.

Auf der Basis entsprechend ausgelegter Rechnersysteme besetzen diese Arbeitskräfte neugeschaffene Schlüsselpositionen im Produktionsprozeß - z.B. zentrale und komplexe Leitstände zur Steuerung und Kontrolle ganzer Fertigungsabschnitte oder aber die umfassende Führung flexibler Fertigungssysteme -, die mit weitreichenden Entscheidungs- und Handlungsspielräumen versehen sind. Die Werkstatt-Tätigkeiten werden hingegen im Vergleich zu früher auf einen überaus begrenzten, rein ausführenden Status zurückgeschnitten und können tendenziell lediglich angelernten und möglicherweise ungelernten Arbeitskräften übertragen werden.

Insbesondere gegenüber der qualifiziert-kooperativen Produktionsarbeit weist diese Entwicklungsoption große Realisierungschancen auf: einerseits werden durch die partielle Aufweichung der betrieblichen Arbeitsteilung deutliche Flexibilitäts- und Effizienzvorteile gewonnen, andererseits wird ein risikoreicher Bruch mit den eingespielten Strukturen der Betriebe weitgehend vermieden. Insofern handelt es sich bei dieser Entwicklungsoption, obgleich sozial- und gesellschaftspolitisch sehr proble-





matisch, um eine vermutlich für sehr viele Betriebe überaus attraktive Entwicklungsperspektive. Zudem sind für die vergleichsweise geringe Zahl der neuen werkstattnahen Schlüsselpositionen die erforderlichen Arbeitskräfte auch in Zukunft relativ leicht für die Betriebe verfügbar.

### III. Technische Voraussetzungen qualifizierter Produktionsarbeit

Es ist davon auszugehen, daß das Modell qualifiziert-kooperativer Produktionsarbeit nicht nur aus Effizienzgründen, sondern vor allem auch in der Perspektive humaner und sozialverträglicher Industriearbeit eine arbeits- und gesellschaftspolitisch wünschenswerte Entwicklungsrichtung industrieller Arbeit darstellt. Insofern kann diese Entwicklungsoption als arbeitsorganisatorische *Leitvorstellung* für weite Bereiche der Metallindustrie aufgefaßt werden. Ihre Realisierung setzt jedoch, wie angedeutet, die gezielte Überwindung einer Reihe von nicht-technischen und technischen Barrieren voraus. Eine zentrale Voraussetzung sind etwa qualifikationsorientierte und systematische Formen der Systemimplementation und eine Umorientierung der damit verbundenen betrieblichen Personalpolitik, so daß eine lediglich "naturwüchsige" Einpassung von Rechnersystemen in die betrieblichen Organisationsstrukturen vermieden wird.

Eine weitere Voraussetzung qualifiziert-kooperativer Produktionsarbeit ist die Weiterentwicklung und der Einsatz arbeitsorganisatorisch flexibler bzw. werkstattoffen ausgelegter Rechnersysteme, die möglichst große Gestaltungsspielräume für eine Re-Integration dispositiver und ausführender Arbeitsfunktionen bieten. Dieses Erfordernis gilt insbesondere für die rechnerintegrierten Organisations- und Planungstechniken, CAD/CAM und PPS, die in einer unmittelbaren Wechselwirkung mit der jeweiligen hierarchisch-funktionalen Arbeitsteilung eines Betriebs und der damit verbundenen Trennung oder Integration von Disposition und Ausführung stehen.

Auf diese technischen Voraussetzungen qualifiziert-kooperativer Produktionsarbeit soll im folgenden in der gebotenen Kürze eingegangen werden. Grundlage bilden die derzeit gängigen Komponenten und Vernetzungslinien rechnerunterstützter Organisations- und Planungstechniken, die in besonderer Weise die Möglichkeiten arbeitsorganisatorischer Gestaltung tangieren können. Auf der Basis vorliegender Befunde und Informationen, die im Rahmen der eingangs genannten Projekte gewonnen wurden, sollen - um die Zusammenhänge besonders deutlich hervortreten zu lassen - grob zwei arbeitsorganisatorisch grundlegend verschiedene Systemkonzeptionen unterschieden werden:

- Einmal Systeme, die auf eine Stabilisierung oder Vertiefung der Arbeitsteilung hinauslaufen,
- zum anderen Systemkonzepte, die arbeitsorganisatorisch eine hohe Flexibilität aufweisen, und die aufgrund ihrer spezifischen technischen



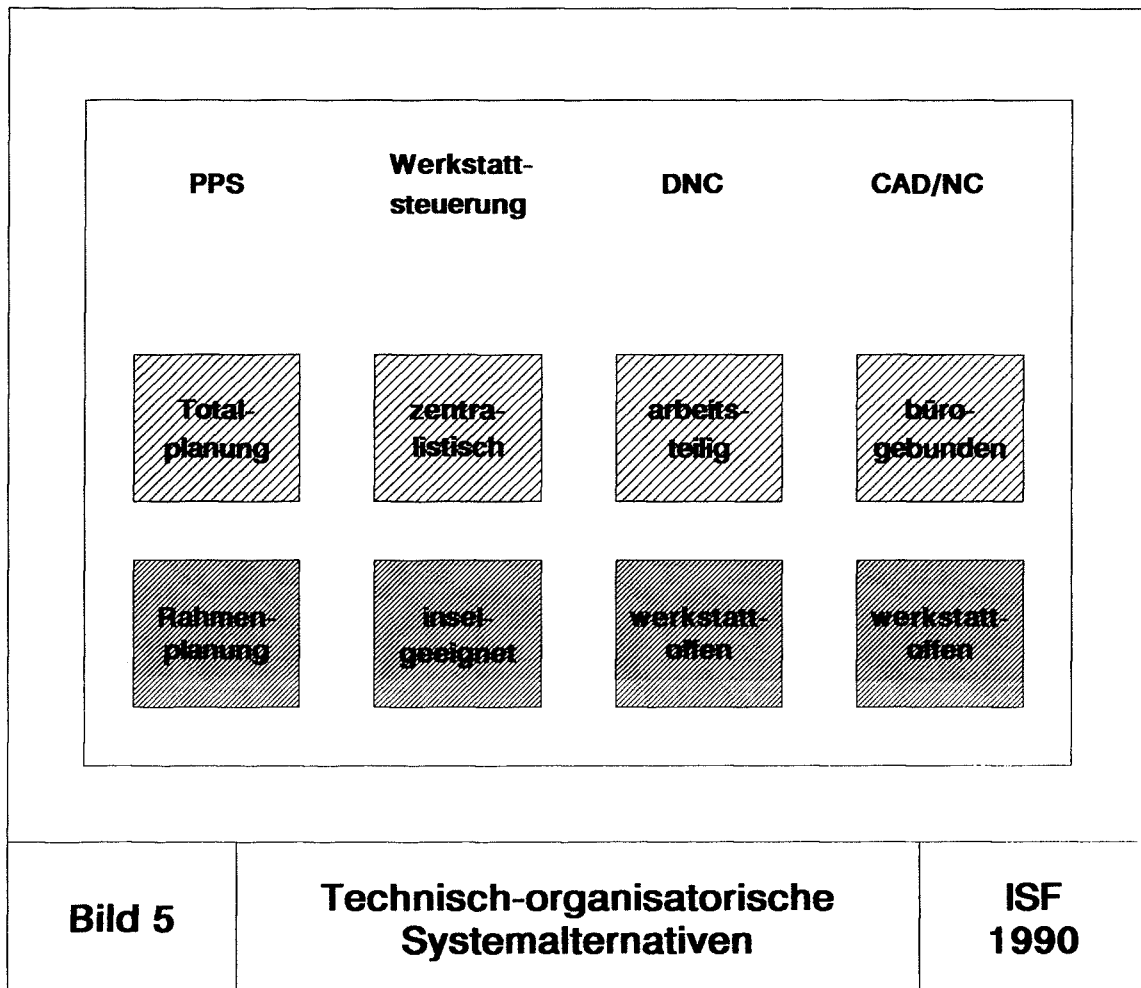
Auslegung, neben einem möglichen arbeitsteiligen Einsatz im technischen Büro, auch für einen Werkstattbetrieb geeignet sind.

Diese Dichotomie kann für die verschiedenen PPS- und CAD/CAM-Komponenten wie folgt präzisiert werden (*Bild 5*):

(1) *Systeme der Produktionsplanung und Steuerung*, die sich auf die zeitliche und sachliche Regulierung von Gesamtprozessen der Produktion richten, können bezogen auf Arbeitsprozesse für eine *Totalplanung* ausgelegt sein. Auf der Basis komplexer Algorithmen und einer weitreichenden Betriebsdatenerfassung zielen derartige Systeme auf eine möglichst exakte Planung, Steuerung und Kontrolle des Arbeitsprozesses, so daß insbesondere im Werkstattbereich kaum Entscheidungsspielräume über Termine, Arbeitsreihenfolgen und Kapazitäten verbleiben. Nach derartigen PPS-Konzeptionen soll das Werkstattpersonal möglichst keinen Auftrag ausführen, der nicht genau vorab eingeplant und dessen Ausführung nicht von einer übergeordneten Instanz genau kontrollierbar ist. Arbeitsorganisatorisch bedeutet dies, daß Planungs- und Koordinationsfunktionen, die zuvor personell ausgeführt wurden, gleichsam im PPS-System objektiviert werden. Obgleich insbesondere unter den Bedingungen einer auftragsorientierten Fertigung von fragwürdiger Effizienz, finden sich sowohl auf dem Technikmarkt als auch in vielen Betrieben seit langem solche PPS-Systeme. Nach allen vorliegenden Informationen werden sie vor allem über eine schrittweise Modularisierung einzelner Komponenten in Richtung einer Systemflexibilisierung weiterentwickelt, ohne daß jedoch ihre grundlegende arbeitsorganisatorische Konzeption aufgegeben würde.

Es liegt auf der Hand, daß Systeme der Totalplanung vom Konzept her kaum Spielräume für qualifizierte Formen der Produktionsarbeit, hier vor allem eine Re-Integration von Terminierungsfunktionen in die Werkstatt, aufweisen. Weit angemessener hierfür sind PPS-Konzepte, die auf eine bloße *Rahmenplanung* abstellen. Verzichtet wird auf eine exakte und weitreichende Vorplanung und in das System sind gezielt dispositive "Lücken" eingebaut. Das System ist in diesem Fall beschränkt auf die Errechnung und Vorgabe von Eck- und Zwischenterminen für definierte Bereiche im Arbeitsprozeß und umfaßt die periodenweise Bereitstellung eines Pools von Aufträgen für diese Bereiche. Die Feinplanung, d.h. die exakte Bestimmung von Auftragsreihenfolgen, die Koordination zwischen einzelnen Bearbeitungsstationen, Servicefunktionen etc. kann auf unterschiedlichsten Wegen erfolgen und bleibt im Prinzip den einzelnen Fertigungsbereichen überlassen. Damit ist systemtechnisch die Voraussetzung für eine Anlagerung wichtiger dispositiver Arbeitsfunktionen wie Terminierung, Kapazitätsplanung etc. im Werkstattbereich als wesentliches Moment qualifiziert-kooperativer Produktionsarbeit gegeben. Soweit bekannt, werden - nicht zuletzt mit staatlicher Unterstützung - seit längerem informationstechnisch modularisierte PPS-Konzepte entwickelt und auf dem Technikmarkt angeboten, die zugleich ein hohes Maß arbeitsorganisatorischer Flexibilität aufweisen und für Formen der Rahmenplanung geeignet sind. Nach Expertenaussagen ist jedoch noch offen, inwieweit sie

sich auf längere Sicht gegenüber den Totalplanungskonzepten durchsetzen können.



(2) Für die rechnergestützte Ausführung der Feinplanung in einzelnen Fertigungsbereichen werden seit einiger Zeit vermehrt Systeme der *Werkstattsteuerung* auf dem Technikmarkt angeboten. Einerseits handelt es sich hierbei um Komponenten, deren Konzepte sich in hohem Maße hard- und softwaretechnisch an der gleichsam übergeordneten PPS-Entwicklung orientieren, und die nur wenig mehr als Module von flexibilisierten Systemen der Totalplanung darstellen. Aufgrund einer komplexen Hardware, eines weitreichend automatisierten Funktionsumfangs, einer damit zusammenhängenden engen Bindung an ein übergeordnetes PPS-System sowie einer häufig wenig anschaulichen Bedienoberfläche ist ihr Betrieb an den Einsatz von darauf spezialisiertem Personal in einer Büro-Umgebung gebunden. Insbesondere auch im Zusammenhang mit einer möglichst detailliert arbeitenden Betriebsdatenerfassung laufen diese Systeme daher auf eine *zentralistische* Werkstattsteuerung hinaus. Sie weisen zwar gegenüber den klassischen Systemen der Totalplanung erhebliche Flexibilitäts- und damit Effizienzvorteile auf, jedoch verbleiben für das Werkstattpersonal nur wenige Dispositionsspielräume. Arbeitsor-

ganisatorisch verbindet sich mit diesen Systemen daher auch eher die Option der polarisierten qualifiziert-kooperativen Produktionsarbeit.

Demgegenüber finden sich seit einiger Zeit zunehmend Systeme auf dem Markt und teilweise im Einsatz, deren Bedienlogik sich an der klassischen Plantafel orientiert. Aufgrund ihrer wenig komplexen Hardware, einer nur begrenzten Automatisierung von Planungsfunktionen und der Möglichkeit einer interaktiven Planung nach unterschiedlichsten Kriterien können diese Werkstattsteuerungssysteme als in hohem Maße *inselgeeignet* bezeichnet werden. Die Systeme sind eigenständig innerhalb begrenzter Fertigungsinseln für Terminierung, Maschinenbelegungsplanung etc. einsetzbar und eröffnen dem Werkstattpersonal vielfältige Dispositionsmöglichkeiten. Insbesondere aufgrund der spezifischen Bedienoberfläche, die einer objektorientierten Logik folgt, können diese Systeme als rechnergestütztes Hilfsmittel zur Informierung und personellen Entscheidung über Termine, Arbeitsreihenfolgen etc. genutzt werden. Inwieweit sich die weitere Entwicklung solcher "Leitstände" in Zukunft ausdifferenzieren wird und ob sich damit in arbeitsorganisatorischer Hinsicht unterschiedliche Systemkonzepte verbinden werden, kann gegenwärtig nicht sicher eingeschätzt werden. Von Relevanz dürften hier insbesondere die unterschiedlichen Möglichkeiten der Kopplung des Leitstandes mit der Betriebsdatenerfassung sein.

(3) *DNC-Systeme*, mit denen im Kern eine Rechnerführung mehrerer NC-Maschinen ermöglicht wird, enthalten gleichfalls teilweise sehr unterschiedliche Konzeptionen: Auf der einen Seite setzen eine ganze Reihe von Systemen auf die Vernetzung bürogebundener NC-Programmierensysteme mit dem DNC-Rechner und den NC-Maschinen in der Werkstatt. Im Zusammenspiel mit einer häufig integrierten, mehr oder weniger automatischen Maschinen- bzw. Betriebsdatenerfassung zielen diese als *arbeitsteilig* zu kennzeichnenden Systeme auf die Effektivierung und den Ausbau einer häufig mit Defiziten behafteten traditionellen NC-Organisation. Damit steht das technische System einer formalen Anlagerung von Programmierfunktionen in der Werkstatt, ein weiteres wichtiges Moment qualifizierter Produktionsarbeit, erheblich entgegen. Über die intendierte Straffung der Formalorganisation und Verbesserung der Vorprogrammierung zielen diese Systeme darüber hinaus auf den Abbau von bisher vorhandenen Improvisationsnotwendigkeiten auf Werkstattebene und reduzieren auch damit Dispositionsspielräume des Werkstattpersonals.

Auf der anderen Seite gibt es seit längerem eine ganze Reihe arbeitsorganisatorisch flexibler und damit *werkstattoffener* DNC-Konzepte, die mit einer Anlagerung oder einem Verbleib von Programmierfunktionen in der Werkstatt kompatibel sind. Hauptmerkmal ihrer Auslegung ist ein NC-Programmierensystem, dessen Betrieb nicht notwendigerweise an Bürobedingungen gebunden ist und ebensowenig den Einsatz besonders spezialisierter Arbeitskräfte erfordert. Es finden sich hier Programmiersysteme in unterschiedlicher Ausführung, deren Bedienlogik und Hardwareauslegung in entsprechender Konfiguration mit den weiteren Systemkomponenten einen Werkstattbetrieb ermöglichen. Im Zusammenspiel

mit werkstattprogrammierbaren CNC-Steuerungen wird damit die technische Voraussetzung für einen flexiblen werkstattorientierten DNC-Betrieb geschaffen.

(4) Nach allen vorliegenden Informationen ist schließlich die Vernetzung von CAD-Systemen in der Konstruktion mit NC-Programmiersystemen zu *CAD/NC-Systemen* eine CIM-Komponente, die eine relativ hohe Verbreitungsgeschwindigkeit aufweist. Soweit einschätzbar, sind die derzeit marktgängigen CAD/NC-Konzepte nahezu in ihrer Gesamtheit als *bürogebunden* zu charakterisieren und sie laufen auf eine vertiefte Arbeitsteilung zwischen Planung und Programmierung einerseits und nur ausführenden Funktionen in der Werkstatt andererseits hinaus. Ursache hierfür ist, daß die Vernetzungsmöglichkeiten von CAD-Systemen in unterschiedlichen Formen generell nur NC-Programmiersysteme umfassen, die sowohl informationstechnisch als auch aufgrund der mit den Systemen einhergehenden Kosten einen Bürobetrieb nahelegen. Die Integration von Programmierfunktionen in die Werkstatt ist bei diesen Systemkonzepten nicht vorgesehen, eher noch induzieren sie eine Verlagerung von Programmierfunktionen in Richtung des Konstruktionsbereichs.

Demgegenüber zeichnen sich eine Reihe von *werkstattoffenen* Entwicklungskonzepten ab, die derartige Effekte vermeiden und auch unter den Bedingungen einer CAD/NC-Vernetzung eine Programmierung in der Werkstatt ermöglichen. Zum einen werden vermehrt hardwaretechnisch und funktionsmäßig einfachere und in einer Arbeitsstation zusammengefaßte CAD/NC-Systeme angeboten, die etwa in kleineren Betrieben zumindest werkstattnah eingesetzt werden können. Zum zweiten befinden sich Konzepte im Entwicklungsstadium, die eine Vernetzung von CAD direkt mit CNC-Werkzeugmaschinen zum Gegenstand haben. Auf der Basis einer Übergabe von Geometriedaten aus einem CAD-System an eine Maschinensteuerung soll die Programmierung ausschließlich in der Werkstatt erfolgen. Im Fall der Entwicklung solcher Vernetzungen von CAD-Systemen und CNC-Werkzeugmaschinen zur vollen Einsatzreife wäre damit eine ganz wesentliche technische Voraussetzung einer werkstattorientierten Nutzung von CAD-Daten geschaffen.

Zusammenfassend ist zu betonen, daß in der Realität die Übergänge zwischen den verschiedenen, oben skizzierten Systemkonzeptionen vielfach fließend sind und sich die Systemdifferenzen nicht immer eindeutig festmachen lassen. Nicht zuletzt führt die rasante Weiterentwicklung der EDV-Systeme zu einem ständigen Wandel und zu einer vermutlich ebenso schnellen Verschiebung der Differenzen zwischen verschiedenen Systemkonzeptionen. Gleichwohl sollte im Vorangehenden der Versuch unternommen werden, das Augenmerk auf Zusammenhänge zwischen Technik und Arbeitsorganisation zu lenken, die häufig übersehen werden. Ihre planvolle Ausgestaltung ist die zentrale Voraussetzung für eine Strategie, die sich an der Option qualifiziert-kooperativer Produktionsarbeit orientiert.



## Literatur

- Behr, M. v.; Hirsch-Kreinsen, H.: Arbeitsgestaltung bei CIM-Einführung. In: VDI-Z, Heft 7, 130. Jg., 1988, S. 18-21.
- Behr, M. v.: CIM-Förderung und die Chancen arbeitsorganisatorischer Strukturinnovation. Beitrag zur Zwischenpräsentation "Erste Ergebnisse der Evaluierung der indirekt-spezifischen CIM-Förderung" beim Projektträger Fertigungstechnik am 24.4.1990 in Karlsruhe, vervielf. Manuskript, Karlsruhe 1990.
- Hirsch-Kreinsen, H.; Schultz-Wild, R. (Hrsg.): Rechnerintegrierte Produktion - Zur Entwicklung von Technik und Arbeit in der Metallindustrie, Frankfurt/München 1986.
- Hirsch-Kreinsen, H.; Schultz-Wild, R.; Köhler, Ch.; Behr, M. v.: Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion - Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau, Frankfurt/München 1990.
- ISF München (Hrsg.): Arbeitsorganisation bei rechnerintegrierter Produktion - Zur Einführung neuer Techniken in der Metallindustrie, KfK-PFT 137, Karlsruhe 1988.
- ISF München (Hrsg.): Strategische Optionen der Organisations- und Personalentwicklung bei CIM - Beiträge zur Initiative CIM-Technologie-Transfer, KfK-PFT 148, Karlsruhe 1989.
- Lutz, B.: Qualifizierte Gruppenarbeit - Überlegungen zu einem Orientierungskonzept technisch-organisatorischer Gestaltung. In: H. Kohl; S. Roth (Hrsg.): Perspektive: Gruppenarbeit, Köln 1988, S. 68-78.
- Maier, H.: Datentechnische Möglichkeiten und Probleme der CAD/CAM-Integration. In: H. Hirsch-Kreinsen; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Rechnerintegrierte Produktion, Frankfurt/München 1986, S. 49-81.
- Manske, F.; Wobbe-Ohlenburg, W., unter Mitarbeit von Mickler, O.: Computerunterstützte Fertigungssteuerung im Maschinenbau - Gestaltungshinweise für Technik, Organisation und Arbeit. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 135, Düsseldorf 1987.
- Manske, F.; Mickler, O.; Wolf, H.; Martin, P.; Wiedmer, H.-J.: Computerunterstütztes Konstruieren und Planen in Maschinenbaubetrieben - Entwicklungstrends, soziale Auswirkungen und Hinweise zur Arbeitsgestaltung, KfK-PFT, Karlsruhe 1990.
- Nullmeier, E.; Rödiger, K.-H.: Arbeitsorientierte Anforderungen an die Gestaltung von PPS-Systemen. In: H. Hirsch-Kreinsen; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Rechnerintegrierte Produktion, Frankfurt/München 1986, S. 111-141.
- Rose, H. (Hrsg.): Programmieren in der Werkstatt - Perspektiven für Facharbeit mit CNC-Maschinen, Frankfurt/München 1990.
- Schultz-Wild, R.; Nuber, Ch.; Rehberg, F.; Schmierl, K.: An der Schwelle zu CIM - Strategien, Verbreitung, Auswirkungen, Eschborn/Köln 1989.

Joachim Beck, Eckhard Hohwieler, August Potthast\*

## **STAND, PROBLEME UND ZIELSETZUNGEN EINER VERNETZUNG ZWISCHEN CAD UND CNC-WERKZEUGMASCHINE**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Einleitung</b>  | <b>25</b> |
| <b>I. Stand der Technik im Bereich der CAD/NC-Vernetzung</b>                                     | <b>25</b> |
| 1. CAD/NC-Integration  | 28        |
| 2. CAD/CAP-Kopplung  | 29        |
| 3. CAD/WOP-Kopplung  | 30        |
| <b>II. Technische und organisatorische Varianten<br/>der CAD/WOP-Kopplung</b>                    | <b>31</b> |
| 1. Die maschinengebundene CAD/WOP-Kopplung   | 32        |
| 2. Die werkstattzentrale CAD/WOP-Kopplung  | 32        |
| 3. Die CAD/WOP-Kopplung im Organisationsmix  | 34        |
| 4. Realisierung der CAD/WOP-Kopplung am Instituts-<br>bereich Maschineninformatik des IPK Berlin | 34        |
| <b>III. Wirtschaftliche und arbeitsorganisatorische Aspekte<br/>der CAD/WOP-Kopplung</b>         | <b>37</b> |
| 1. Wirtschaftliche Ziele der CAD/WOP-Kopplung  | 37        |
| 2. Arbeitsorganisatorische Alternativen<br>der CAD/WOP-Kopplung                                  | 38        |
| <b>IV. Probleme und Defizite in der Entwicklung<br/>der CAD/WOP-Kopplung</b>                     | <b>45</b> |
| <b>V. Ausblick: Der zukünftige Einsatz<br/>der CAD/WOP-Kopplung</b>                              | <b>47</b> |
| <b>Literatur</b>   | <b>49</b> |

---

\* Dipl. Psych. Joachim Beck ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dipl. Ing. Eckhard Hohwieler ist Abteilungsleiter Maschinenprogrammierung, Dr. August Potthast ist Bereichsleiter Maschineninformatik am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Berlin.



## Einleitung

Im Rahmen der raschen Entwicklung im Bereich der elektronischen Datenverarbeitung hält die Rechnerunterstützung auch Einzug in die Produktionsstätten. Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme, CAD-Systeme, NC-Programmiersysteme, DNC-, BDE/MDE-Systeme und CNC-Steuerungen werden heute von vielen Herstellern angeboten und sind in modernen Fertigungsstätten Stand der Technik.

Der Rechnereinsatz in den Betrieben ist mit der Gefahr verbunden, daß Aufgabengebiete extrem gegeneinander abgegrenzt werden. Dies fördert das Spezialistentum. Besonders groß ist die Gefahr der Kompetenzbeschneidung im Werkstattbereich. Die ursprünglichen Tätigkeiten des Facharbeiters weichen einfachen Arbeiten, zum Beispiel Bestücken von Maschinen, Laden von NC-Programmen, Beseitigung von kleinen Störungen.

Vor wenigen Jahren noch galt das Know-How in der Werkstatt als das eigentliche Kapital einer Firma. Ein Verlust dieses Kapitals kann heute durch Rechnerunterstützung nur zu einem verschwindend kleinen Teil ausgeglichen werden.

Dieser Entwicklungsfehler ist erkannt worden. Es werden inzwischen Anstrengungen unternommen, die Fachkompetenz der Arbeiter in der Werkstatt wieder zu nutzen und zu fördern.

Ein Schritt in diese Richtung ist die Entwicklung der werkstattorientierten Programmierung (WOP). Da die Kosten für leistungsfähige Rechner stark sinken, ist es wirtschaftlich möglich, in den Maschinensteuerungen hohe Rechnerleistungen unterzubringen. Durch Parallelprogrammierung und werkstattgerechte Bedienoberflächen mit interaktiver Benutzerführung wird die NC-Programmierung auch bei Kleinserien und Auftragsfertigung in der Werkstatt möglich und wirtschaftlich sinnvoll.

Gleichzeitig zeichnet sich mit der Kopplung von CAD und NC-Programmierung ein weiterer Entwicklungstrend ab, der inzwischen eine hohe Dynamik erlangt hat. In diesem Zusammenhang kommt der Übergabe von CAD-Daten an werkstattorientierte Programmiersysteme besondere Aktualität zu. Technische Varianten dieser CAD/WOP-Kopplung sowie deren arbeitsorganisatorische Konsequenzen werden in dieser Expertise dargestellt.

## I. Stand der Technik im Bereich der CAD/NC-Vernetzung

Im Hinblick auf die schrittweise Verwirklichung von CIM-Konzepten wird verstärkt die Kopplung vorhandener Insellösungen zur Rationalisierung des Informationsflusses angestrebt. Einen Aspekt stellt die Integration der Teilbereiche Konstruktion und Fertigung dar. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Übergabe von Werkstückinformationen aus CAD-Systemen zur Weiterverarbeitung für die NC-Programmierung. Durch diese



Datenübergabe kann der Aufwand zur NC-Programmerstellung erheblich reduziert werden.

Die Möglichkeiten der Datenübertragung aus CAD-Systemen an die CNC-Fertigung können grob in folgende drei Klassen unterteilt werden (*Bild 1*):

1. *CAD/NC-Integration*

Hierbei ist ein NC-Programmiermodul in das CAD-System selbst integriert.

2. *CAD/CAP-Kopplung*

Hierbei werden die CAD-Daten an ein externes NC-Programmiersystem übergeben, das in der Regel in der Arbeitsvorbereitung angesiedelt ist.

3. *CAD/WOP-Kopplung*

Hierbei werden die CAD-Daten an ein werkstattorientiertes Programmiersystem weitergegeben.

Ausgangspunkt der CAD/NC-Vernetzung sind die in der Konstruktionsabteilung unter Einsatz von CAD-Systemen erzeugten Werkstückdaten. In der Konstruktionsabteilung werden Zeichnungen von zu fertigenden Werkstücken erstellt. Dabei werden verschiedene Werkstückmerkmale sowie eine Reihe verwaltungstechnischer Angaben, z.B. Auftragsnummer, Stücklisten etc. festgelegt. Diese Auftragsdaten können im PPS-System oder für die Werkstattsteuerung weiterverwendet werden.

Für die CNC-Programmerstellung sind die Werkstückmerkmale relevant. Zu diesen von der Konstruktion festgelegten CNC-relevanten Werkstückmerkmalen gehören:

- *Werkstückgeometrie*

Die Werkstücke sind durch die Werkstückgeometrie in ihrer Form und in ihren Maßen festgelegt. Diese Geometriedaten beschreiben die Kontur des zu fertigenden Werkstückes.

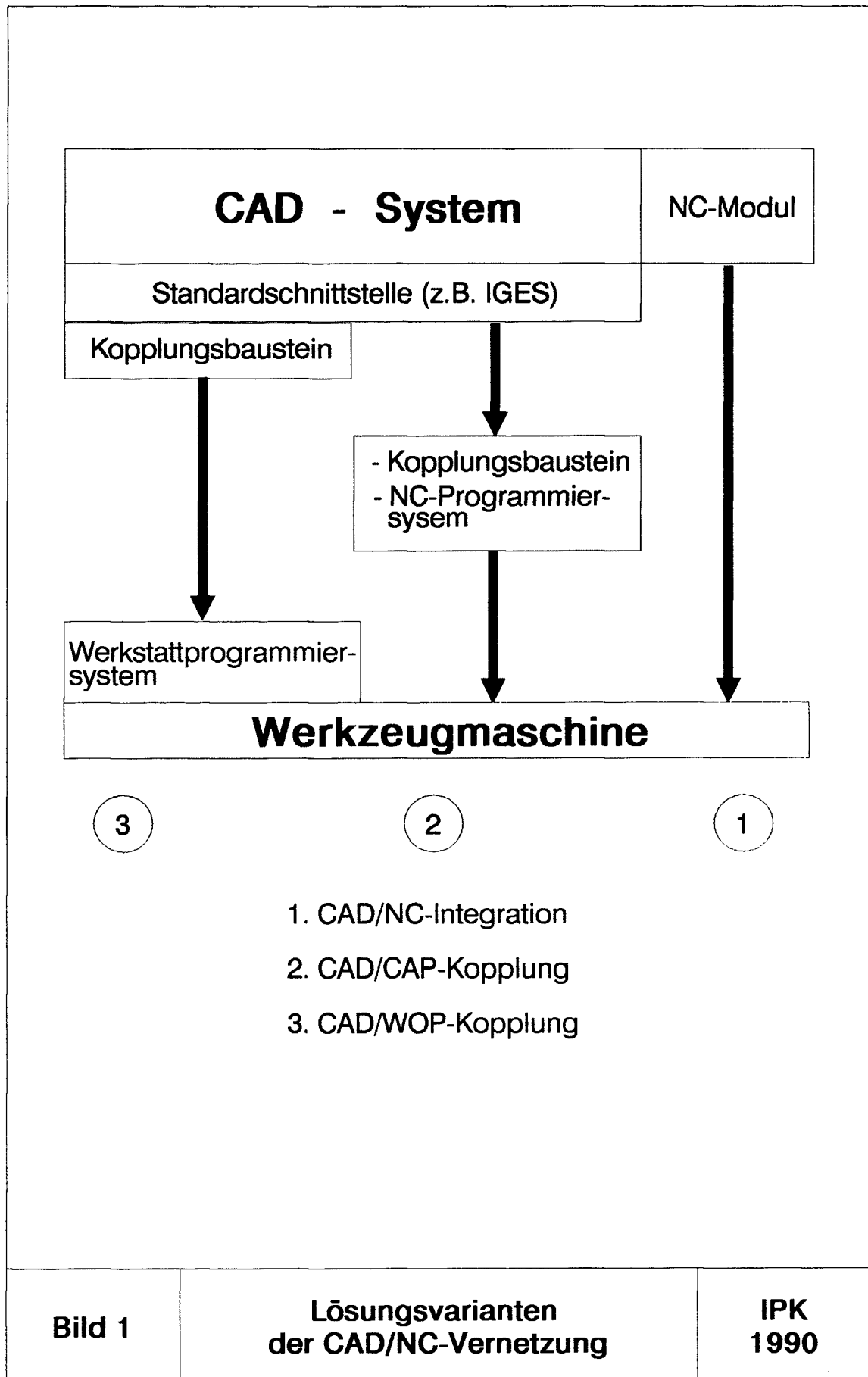
- *Formelemente*

Viele Werkstücke weisen bestimmte Formelemente auf, auch Mikrogeometrien genannt. Hierbei handelt es sich um Bohrungen, Passungen, Gewinde, Freistiche und ähnliches.

- *Technologiedaten*

Zu den Technologiedaten gehören Angaben über bestimmte Werkstückeigenschaften wie z.B. Material des Werkstückes, Angaben zur geforderten Oberflächengüte oder auch Angaben über die maximal zulässigen Maßabweichungen (Toleranzen).

Nicht zu den eigentlichen CAD-Daten gehören die bearbeitungsspezifischen Technologiedaten, die notwendig sind, um ein NC-Programm an



einer Werkzeugmaschine abzuarbeiten. Hierzu zählen Informationen über Spindeldrehzahl, Spann- und Werkzeugdaten, Kühlmitteldaten, Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten, Spantiefe u.a.m.

Aufgrund von Schnittstellenproblemen zwischen CAD-Systemen und NC-Programmiersystemen ist es gegenwärtig allerdings nicht möglich, alle CNC-relevanten Daten aus einem CAD-System für die NC-Programmierung nutzbar zu machen. Eine Zuordnung von Technologiedaten zur Bearbeitungsgeometrie ist in den CAD-Systemen nicht möglich. Die Weitergabe von Daten beschränkt sich daher in der Regel auf die Bearbeitungsgeometrie. Das hat zur Folge, daß neben den übertragenen CAD-Daten zur NC-Programmerstellung immer noch die Konstruktionszeichnung mit den technologischen Angaben notwendig ist, um das Bearbeitungsprogramm zu entwickeln.

Im Rahmen der CAD/NC-Vernetzung muß die Selektion der CNC-relevanten Daten aus den CAD-Daten als spezifische neue Teilaufgabe durchgeführt werden. Für die Realisierung dieser Teilaufgabe bestehen je nach Vernetzungsvariante diverse organisatorische Optionen. Auch die Verwaltung der NC-Programme kann im Rahmen der CAD/NC-Vernetzungsvarianten in verschiedenen betrieblichen Teilbereichen erfolgen.

## 1. CAD/NC-Integration

Unter CAD/NC-Integration versteht man die Integration eines NC-Programmiermoduls in ein CAD-System. Beim Einsatz der CAD/NC-Integration wird in der Regel das komplette NC-Programm in der Konstruktionsabteilung erstellt.

Moderne CAD-Systeme mit integriertem NC-Modul verfügen für Konstruktion und NC-Programmierung über die gleiche Bedienoberfläche und arbeiten auf der Grundlage gleicher Datenstrukturen. Aus dem Menü des Konstruktionsprogramms kann problemlos in die NC-Programmierung gewechselt werden. Dies verbessert den Bedienkomfort erheblich. Einarbeitungszeiten können reduziert werden. Schnittstellenprobleme, wie sie bei den anderen Varianten der CAD/NC-Vernetzung auftreten, entfallen, so daß ein nahezu verlustfreier Datentransfer in das NC-Programmiermodul möglich ist.

Nachdem das NC-Programm auf Basis der CAD-Daten im NC-Modul erstellt worden ist, kann es direkt oder im DNC-Betrieb an die CNC-Steuerung übergeben werden. An der Maschine besteht die Möglichkeit, das NC-Programm um maschinenspezifische Daten zu ergänzen und gegebenenfalls zu optimieren.

Es besteht die weitverbreitete Vorstellung, Konstrukteure könnten an CAD-Systemen mit integriertem NC-Modul nunmehr "nebenbei" die Arbeit der NC-Programmerstellung erledigen. Dies ist allerdings eine problematische Annahme. Die NC-Programmerstellung in der Konstruktionsabteilung ist mit der Schwierigkeit belastet, daß fertigungstechni-

sches Wissen in wesentlich geringerem Maß in die Programmerstellung einfließen kann, als dies bei der Programmierung in der Werkstatt und selbst in der Arbeitsvorbereitung der Fall ist. Anders als die Mitarbeiter der Arbeitsvorbereitung und der Werkstatt, besitzen die Konstrukteure nur relativ wenig fertigungstechnisches Wissen.

Probleme ergeben sich auch aus der in der Regel großen organisatorischen Entfernung der Konstruktion von der Fertigung. Die CNC-Programme, weitab von der Werkstatt und ohne Kenntnisse der Verhältnisse im Arbeitsraum der Maschine entstanden, müssen mit genügend großen Sicherheitsabständen der Werkzeugverfahrwege ausgestattet sein, um Kollisionen im Arbeitsraum zu vermeiden. Auch die Simulation der CNC-Bearbeitungsprogramme bietet keine absolute Sicherheit über die Lauffähigkeit der Programme. Dies wiegt um so schwerer, wenn es nur begrenzt möglich ist, die Programme in der Werkstatt zu korrigieren. Gleichzeitig besteht die Gefahr, daß durch diese NC-Organisationsform ein Großteil der Arbeitsplätze in der Fertigung entwertet und auf das Niveau von einfacheren Maschinenbedienerarbeitsplätzen reduziert wird. Langfristig reduziert sich die fertigungstechnische Kompetenz des Betriebes insgesamt (vgl. Herzog 1988).

## 2. CAD/CAP-Kopplung

Die zweite Hauptvariante der CAD/NC-Vernetzung ist die CAD/CAP-Kopplung. Bei dieser Form der Datenweitergabe werden CNC-relevante Daten aus dem CAD-System an ein externes NC-Programmiersystem übermittelt, das in aller Regel in der Arbeitsvorbereitung angesiedelt ist. Die dabei zum Einsatz kommenden NC-Programmiersysteme arbeiten mit problemorientierten, höheren Programmiersprachen. Die CAD-Daten werden in der Konstruktionsabteilung oder in der Arbeitsvorbereitung aufbereitet. Die noch fehlenden CNC-relevanten Informationen werden in der Arbeitsvorbereitung hinzugefügt, und so wird ein lauffähiges CNC-Programm erzeugt. Dieses wird dann an die CNC-Maschine übergeben.

Die CAD/NC-Vernetzung mit einem NC-Programmiersystem ist flexibler als die integrierte Lösung. Sie erlaubt es, die besonderen Stärken von NC-Programmiersystemen auch weiterhin zu nutzen. Bei der Nutzung der NC-Programmiersysteme entfallen für die NC-Programmerstellung auch die hohen Stundensätze, die bei der Erstellung der Programme auf den teuren CAD-Systemen entstehen.

Organisatorische Varianten der CAD/CAP-Kopplung ergeben sich daraus, an welchem Ort das NC-Programmiersystem im Betrieb angesiedelt ist. Es kann sowohl in der Arbeitsvorbereitung, im Meisterbüro wie in der Werkstatt stehen. In der betrieblichen Praxis steht das NC-Programmiersystem allerdings meistens in der Arbeitsvorbereitung. Die Aufgabe der Selektion CNC-relevanter CAD-Daten kann im Rahmen dieser Vernetzungsvariante am CAD-System der Konstruktionsabteilung oder, vorausgesetzt es sind die notwendigen Softwarekomponenten vorhanden, am NC-Programmiersystem erledigt werden. Die Arbeitsvorbereitung übernimmt

in jedem Fall die Planung der Bearbeitungsreihenfolge, die Erstellung des NC-Programms und dessen Überprüfung durch Simulation.

Die in der Arbeitsvorbereitung zu erledigenden Teiltätigkeiten hängen in starkem Maße von der Ausstattung der NC-Programmiersysteme ab. Häufig macht die Übertragung der CAD-Konturbeschreibung in die Sprachsyntax des NC-Programmiersystems ein interaktives Eingreifen des Mitarbeiters in der Arbeitsvorbereitung nötig. Zum Teil sind die NC-Programmiersysteme mit Technologieprozessoren ausgestattet, so daß die Eingabe von Technologiedaten in das zu erstellende NC-Programm partiell entfällt. Die NC-Programmiersysteme sowie die zugehörige Technologie sind ausgereifter als die NC-Module in CAD-Systemen. Die auf den NC-Programmiersystemen erstellten NC-Programme sind daher in der Regel qualitativ besser als Programme aus der Konstruktion.

### 3. CAD/WOP-Kopplung

Die Besonderheit der CAD/WOP-Kopplung besteht darin, daß hier CNC-relevante CAD-Daten an ein werkstatorientiertes Programmiersystem (WOP) übergeben werden. Einsatzmöglichkeiten, Stärken und Schwächen dieser Variante der CAD/NC-Vernetzung hängen wesentlich von den Merkmalen des werkstatorientierten Programmiersystems ab.

Werkstatorientierte Programmiersysteme wurden in einem bundesweiten Verbundprojekt mit 19 Projektpartnern entwickelt (vgl. Kromberg 1988). Intention war es, die rationelle Erstellung von NC-Programmen auch dem Facharbeiter in der Werkstatt zu ermöglichen und auf diese Weise sein fertigungstechnisches Know-How zu nutzen. Mit WOP entstehen hochqualifizierte Arbeitsplätze an den CNC-Werkzeugmaschinen. Gleichzeitig können arbeitsteilige Strukturen in den Betrieben partiell aufgelöst werden. In einer Evaluationsstudie konnte die auch wirtschaftliche Überlegenheit von WOP gegenüber anderen Programmierverfahren nachgewiesen werden (vgl. Kromberg 1988; Ammon 1988). Die These von der "Werkstatt als teuerstem Programmierplatz" ist damit widerlegt.

Werkstatorientierte Programmiersysteme sind gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- Grafisch-interaktive Eingabe ohne Programmiersprache;
- problemorientierte, facharbeitergerechte Festlegung von Bearbeitungsabläufen;
- grafische Simulation des Bearbeitungsablaufs;
- Optimierung und Änderung der Programme in gleicher Weise wie die Neuprogrammierung;
- einheitlicher Dialog für alle Fertigungsverfahren.

Darüber hinaus erlauben werkstatorientierte Programmiersysteme eine einheitliche Programmierung in Werkstatt und Arbeitsvorbereitung, denn

beide Teilbereiche können auf das gleiche komfortable Programmiersystem zurückgreifen (vgl. Kromberg 1988). Grafisch-interaktiv werden auf dem WOP-System diese Daten zu einem lauffähigen NC-Programm weiterverarbeitet.

Die Werkstattprogrammierung zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität aus und ist aufgrund der relativ geringen Investitionskosten auch für Klein- und Mittelbetriebe geeignet. Gleichwohl ist bisher die CAD/WOP-Kopplung als eine Variante der CAD/NC-Vernetzung nicht im breiten betrieblichen Einsatz zu finden.

Wer welche Teiltätigkeiten der NC-Programmierung beim Einsatz der CAD/WOP-Kopplung übernimmt, hängt in starkem Maße von der im Betrieb vorliegenden organisatorischen Einsatzvariante ab. Welche Einsatzvarianten realisiert oder auch grundsätzlich denkbar sind, wird im folgenden Teil dargestellt.

## **II. Technische und organisatorische Varianten der CAD/WOP-Kopplung**

Die CAD/WOP-Kopplung basiert, wie alle anderen CAD/NC-Vernetzungsvarianten auch, auf der Weitergabe CNC-relevanter Daten aus einem CAD-System an ein Programmiersystem. Beim heutigen Stand der Technik verwenden CAD-Systeme andere Datenformate als werkstattorientierte Programmiersysteme. Damit die Weitergabe CNC-relevanter Daten durchgeführt werden kann, muß zwischen CAD-System und NC-Programmiersystem ein Kopplungsbaustein geschaltet werden, der die Aufbereitung und Anpassung der verschiedenen Datenformate ermöglicht.

Eine CAD/WOP-Kopplung ist nur dann rationell, wenn die Aufbereitung der CAD-Daten nicht zeitintensiver ist als die Neueingabe der Geometrie. Erst wenn die CAD-Daten im Kopplungsbaustein aufbereitet wurden, können sie an das werkstattorientierte Programmiersystem übergeben werden. Die Verbindung des Kopplungsbausteins zum CAD-System einerseits und zum NC-Programmiersystem andererseits erfolgt über Standardschnittstellen, z.B. IGES. Die Aufbereitung der CAD-Zeichnung im Kopplungsbaustein zur Übernahme der Geometrieinformation setzt sich aus folgenden Teilfunktionen zusammen:

- Selektion des benötigten Konturzuges des Fertigteils aus der CAD-Zeichnung;
- Festlegen des Start- und Endpunktes der Kontur sowie Erzeugen eines geschlossenen Konturzuges;
- Umwandlung der Geometriedaten in das Datenformat des werkstattorientierten Programmiersystems;



- Überprüfen des erzeugten Fertigteilkonturzuges anhand der CAD-Zeichnungsdaten.

Aufgrund der geringen Speicherkapazität, des kleinen Bildschirms und des fehlenden Bedientableaus ist es bislang nicht möglich, die CAD-Daten direkt am Bildschirm der Handeingabesteuerung der Werkzeugmaschine aufzubereiten. Die entsprechende Verarbeitung der CAD-Daten muß also bereits auf dem CAD-System durchgeführt werden. Allerdings könnte sich eine entsprechende CAD-Workstation auch in der Werkstatt neben der Maschine befinden.

Für die CAD/WOP-Kopplung bieten sich verschiedene Hardwarelösungen an. Die Verknüpfung der verschiedenen Hardware-Elemente kann über eine V-24-Schnittstelle, über DNC-Schnittstellen oder über ein lokales Netzwerk (LAN) erfolgen. Auf dieser Basis ergeben sich mehrere technisch-organisatorische Varianten (*Bild 2*).

## 1. Die maschinengebundene CAD/WOP-Kopplung

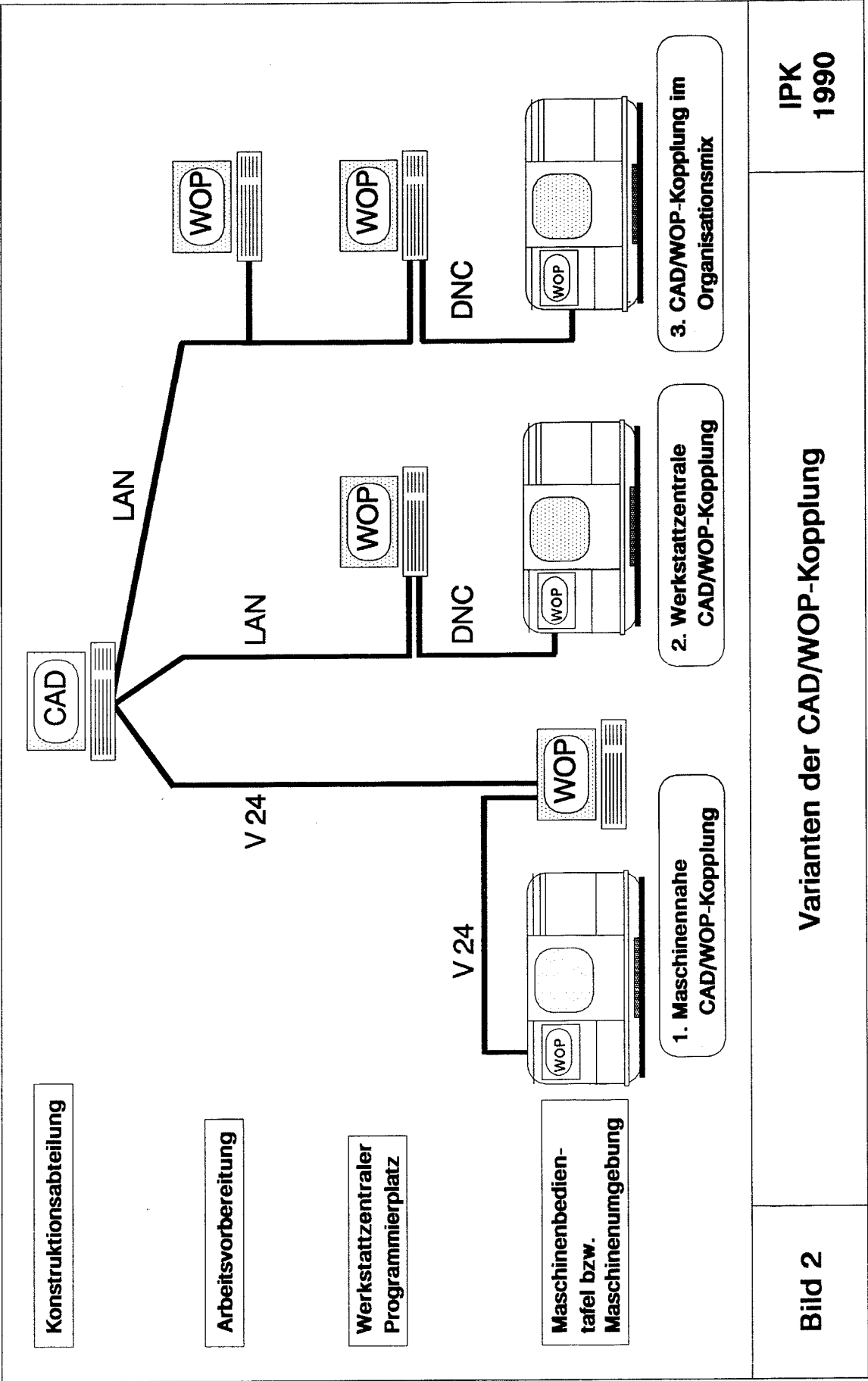
Bei dieser Variante ist die einzelne Werkzeugmaschine direkt mit einem CAD-System verbunden. Die CAD-Daten werden auf dem Kopplungsbaustein des CAD-Systems für die NC-Programmierung aufbereitet. Über eine DNC-Schnittstelle wird die Fertigteilkontur an die Handeingabesteuerung der Werkzeugmaschine übergeben.

Moderne werkstattorientierte Programmiersysteme können allerdings auch in unmittelbarer Nähe der CNC-Werkzeugmaschine auf einem PC installiert sein. Damit besteht die Möglichkeit, die aufbereiteten Geometriedaten zunächst an das werkstattorientierte Programmiersystem auf dem PC zu übergeben und dort das entsprechende NC-Teileprogramm zu erstellen. Das fertige Programm wird dann an die Werkzeugmaschine überspielt. Interessant ist diese Lösung insbesondere dann, wenn die Werkzeugmaschine selbst über keine Handeingabesteuerung mit integriertem Werkstattprogrammiersystem verfügt.

Eine Erhöhung der Flexibilität der CAD/WOP-Kopplung wird erzielt, wenn von dem maschinennahen PC ein Zugriff auf die im CAD-System gespeicherten Fertigteilzeichnungen möglich ist. Es existieren CAD-Funktionen, die diesen Zugriff erlauben. Eine Veränderung der CAD-Zeichnungen am Programmierplatz ist dabei nicht möglich.

## 2. Die werkstattzentrale CAD/WOP-Kopplung

Der PC mit dem werkstattorientierten Programmiersystem muß nicht direkt an die Werkzeugmaschine gebunden sein. Lärmbelastungen behindern die Programmierarbeit neben der Maschine, und das Programmiersystem steht in diesem Fall nur der einen Maschine zur Verfügung. Daher ist es sinnvoll, ein Werkstattprogrammiersystem auf einem PC werkstattzentral, z.B. im Meisterbüro oder in einem zentralen Programmierbüro, unterzubringen. Über ein lokales Netzwerk wird die Anbindung zum CAD-





System und (eventuell über weitere PC's) zu den einzelnen Werkzeugmaschinen des Fertigungsbereichs realisiert.

Dies hat den Vorteil, daß die Verteilung der Fertigteilzeichnungen auf die einzelnen Werkzeugmaschinen werkstattzentral vorgenommen wird. Je nach aktueller Auslastung können die NC-Programme an den einzelnen Werkzeugmaschinen oder am werkstattzentralen Programmierplatz erstellt werden. Die Verwaltung der NC-Programme bleibt eine zentrale Aufgabe. Daneben ist mit einer werkstattzentralen CAD/WOP-Kopplung die Möglichkeit gegeben, eine CAD-Workstation rationell in der Werkstatt zur Aufbereitung der CAD-Daten einzusetzen. Da zentral an einem Programmierplatz untergebracht, ist nur eine dieser teuren CAD-Workstations notwendig, um die CAD-Daten für alle zu versorgenden Maschinen in der Werkstatt aufzubereiten.

### **3. Die CAD/WOP-Kopplung im Organisationsmix**

Werkstattorientierte Programmiersysteme sind, wie schon erwähnt, mit der Intention entwickelt worden, dem Facharbeiter an der Maschine das Programmieren von CNC-Werkzeugmaschinen zu ermöglichen. Gleichwohl können diese werkstattorientierten Programmiersysteme mit ihrem hohen Bedienkomfort auch in der Arbeitsvorbereitung genutzt werden. Wird ein werkstattorientiertes Programmiersystem parallel in der Werkstatt und in der Arbeitsvorbereitung eingesetzt, so ergibt sich eine hohe organisatorische Flexibilität bei der NC-Programmerstellung bei gleichzeitiger Durchgängigkeit der betrieblichen NC-Organisation. Die Vorteile der CAD/WOP-Kopplung sind auch im Rahmen eines solchen NC-Organisationsmixes ausschöpfbar. So könnte die Konturselektion wiederum zentral in der Arbeitsvorbereitung durchgeführt werden, während die eigentliche NC-Programmerstellung je nach Bedarf und Auslastung in der Arbeitsvorbereitung oder in der Werkstatt erledigt wird.

Die CAD/WOP-Kopplung zeichnet sich durch eine große Vielfalt ihrer organisatorischen Einsatzvarianten ab. Letztlich hängt es von der konkreten betrieblichen Situation ab, welcher der Vorzug zu geben ist.

### **4. Realisierung der CAD/WOP-Kopplung am Institutsbereich Maschineninformatik des IPK Berlin**

Am Institutsbereich Maschineninformatik des IPK Berlin ist eine Kopplung zwischen dem CAD-System ME 10 der Firma Hewlett Packard und dem werkstattorientierten Programmiersystem IPS (Interaktives Programmiersystem) der Firma Traub entwickelt worden (vgl. Potthast, v. Zeppelin 1989).

Das CAD-System ME 10 von Hewlett Packard ist ein 2D-CAD-System, das sich insbesondere durch seinen hohen Bedienkomfort auszeichnet. Das System ist speziell für den Maschinenbau entwickelt worden und bietet

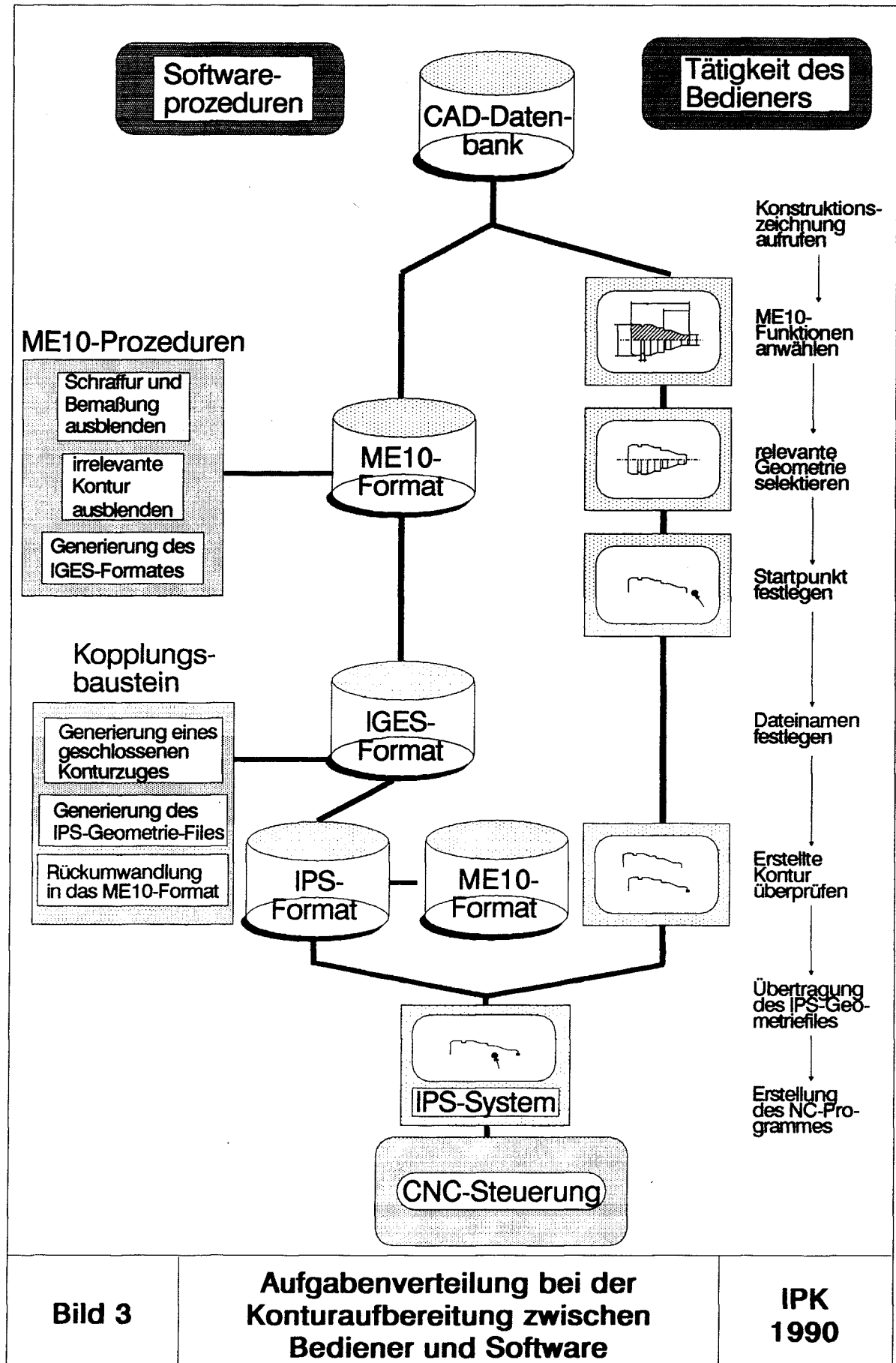
neben einem Modul zur Erstellung von Varianten die Möglichkeiten der Dateiverwaltung und der Erstellung von Programm-Macros.

Das IPS dient der Programmierung CNC-gesteuerter Drehmaschinen. Wesentliches Merkmal dieses Programmiersystems ist die interne Trennung von Geometrie- und Technologiedaten. Die realisierte CAD/WOP-Kopplung basiert auf einer reinen Geometrieübergabe mit der Standardschnittstelle IGES. Der für die Geometrieaufbereitung notwendige Kopplungsbaustein kann direkt vom CAD-System aus angesprochen werden. Die aufbereiteten Geometriedaten können entweder an das Interaktive Programmiersystem auf einem PC oder direkt an die Handeingabesteuerung einer CNC-Drehmaschine mit installiertem IPS übergeben werden. Dem *Bild 3* ist zu entnehmen, wie sich der Arbeitsablauf bei der Konturbeschreibung auf Bediener und Software verteilt.

Im einzelnen ist die CAD/WOP-Kopplung folgendermaßen realisiert: Ausgangspunkt ist eine im Rechner des HP ME 10-CAD-Systems abgelegte vollständige Konstruktionszeichnung. Diese Zeichnung enthält neben der Geometriebeschreibung des Werkstückes Schraffuren, Hilfslinien, Bemaßungen und Beschriftungen sowie organisatorische Daten. Die eigentliche Aufbereitung der Konstruktionszeichnung erfolgt im Kopplungsbaustein. Der Kopplungsbaustein ist ein Softwarepaket, das in das CAD-System integriert wurde und daher vom CAD-System aus aktiviert werden kann. Die für die Aufbereitung notwendigen Dialogfunktionen wurden in den Dialog des CAD-Systems integriert. Ebenso wie alle anderen CAD-Funktionen können die Dialogfunktionen für die Geometrieaufbereitung mit einem Digitalisierstift auf dem Eingabetableau des CAD-Systems angeklickt werden.

Nachdem die gewünschte Konstruktionszeichnung aus der CAD-Datenbank aufgerufen ist, wird zunächst Bemaßung und Schraffur ausgeblendet. Bei diesen Funktionen handelt es sich noch um reine CAD-Funktionen. Die nun vorliegende Zeichnung enthält immer noch für die CNC-Programmerstellung überflüssige Informationen. So reicht für die CNC-Programmerstellung rotationssymmetrischer Werkstücke die Bearbeitungskontur der Schnittzeichnung des Werkstückes. Die in der Konstruktionszeichnung dargestellten Umlaufkanten des Teiles werden nicht benötigt. Der Kopplungsbaustein bietet die Möglichkeit, diese überflüssigen Informationen auszublenden.

Zu diesem Zweck kennzeichnet der Benutzer die relevanten Konturzüge mit dem Digitalisierstift auf dem CAD-Tableau. Die einzelnen ausgewählten Konturelemente werden farblich gekennzeichnet. Im nächsten Schritt werden alle nicht angewählten Konturelemente ausgeblendet. Anschließend legt der Benutzer einen Startpunkt für die Kontur fest. Von diesem Startpunkt aus müssen die einzelnen Konturelemente zu einem durchgehenden Konturzug verbunden werden. Ein solcher geschlossener und gerichteter Konturzug ist für die Erstellung eines CNC-Programms erforderlich.



Jedoch liegen bis zu diesem Zeitpunkt die gekennzeichneten Geometrie-elemente noch als einzelne Elemente vor. Im Kopplungsbaustein werden diese einzelnen Elemente zusammengefaßt und der Konturzug auf seine Stetigkeit überprüft. Die Überprüfung erfolgt im IGES-Datenformat als eine spezielle, in Pascal entwickelte Rechenprozedur. Damit dies geschehen kann, müssen die ME 10-Daten zunächst in das IGES-Datenformat übersetzt werden. Liegt der geschlossene Konturzug mit einem Startpunkt vor, wird - wiederum durch eine in Pascal geschriebene Rechenprozedur - aus dem IGES-Format der Konturbeschreibung ein IPS-Format erzeugt.

Bevor die bearbeitungsrelevante Geometriedatei im IPS-Format als ASCII-File an das werkstatorientierte Programmiersystem übertragen wird, erfolgt eine Überprüfung der erzeugten Kontur. Dies geschieht durch Rückumwandlung der erzeugten Datei in das Format des CAD-Systems und den rechnerischen Vergleich mit der Ausgangsdatei. Anschließend wird auf dem Bildschirm der geschlossene Konturzug dargestellt. Der Bediener kann auf diese Weise die Ursprungskontur mit dem neu erstellten Konturzug vergleichen und hat damit auch eine optische Kontrollmöglichkeit.

Im nächsten Schritt wird die Datei mit der bearbeitungsrelevanten Kontur im Dialog mit Parametern für die Datenspeicherung versehen. Auf jeden Fall erforderlich ist die Vergabe einer Programmnummer, weil sonst eine Zuordnung der erzeugten Datei im werkstatorientierten Programmiersystem nicht möglich ist. Nach Übertragung des selektierten Konturzuges an das WOP-System kann dort mit der Weiterverarbeitung zu einem vollständigen CNC-Programm für die Drehbearbeitung begonnen werden, so wie es weiter oben beschrieben wurde.

### **III. Wirtschaftliche und arbeitsorganisatorische Aspekte der CAD/WOP-Kopplung**

#### **1. Wirtschaftliche Ziele der CAD/WOP-Kopplung**

Kurze Reaktionszeiten auf Kundenwünsche, hohe Produktattraktivität, Produktzuverlässigkeit und Produktqualität sind marktstrategisch bedeutsame Zielgrößen (vgl. Steudel 1988), die den wirtschaftlichen Erfolg beeinflussen. Andere, nicht unbedingt auf die Marktposition abzielende, gleichwohl wirtschaftlich relevante Einflußgrößen können die Reduzierung des Zeitaufwandes für die CNC-Programmierung durch die digitale Weitergabe der geometrischen Konstruktionsdaten, die Qualität der erzeugten Unterlagen oder die abnehmende Fehlerhaftigkeit der NC-Programme, die Verringerung der Entwurfskosten und die Reduzierung der Lagerkosten aufgrund eines erhöhten Standardisierungsgrades sein (vgl. Bellmann, Muschiol 1988).

Auf CAD/CAM-Anwendungen bezogen, haben betriebswirtschaftliche Berechnungen einen Amortisationszeitraum von zweieinhalb bis drei Jah-

ren für die eingesetzten Systeme ergeben. Die Beschleunigungsfaktoren für die Vor-, Konzipierungs- und Realisierungsphase eines Produktes nach Einführung einer CAD/NC-Vernetzung liegen zwischen dem 1,5- und 3-fachen. Diese Beschleunigungsfaktoren sind erste Indikatoren zur Abschätzung von Produktivitätsveränderungen (vgl. Spälti 1988). Für zwei wirtschaftliche Zielgrößen soll im folgenden exemplarisch dargelegt werden, wie sich mit der Einführung der CAD/WOP-Kopplung Produktivitätssteigerungen ergeben können.

Unter dem Gesichtspunkt der Effektivierung des Informationsaustausches ist die Vermeidung von Datenredundanzen eine sinnvolle Zielgröße. Mit der CAD/WOP-Kopplung ist diese Zielgröße auch bei der CNC-Programmierung an der Handeingabesteuerung von Werkzeugmaschinen realisierbar. Die sich damit ergebende Erhöhung der Wirtschaftlichkeit kann entweder aus einer Kostenreduzierung bei der CNC-Programmerstellung, einer besseren Qualität der CNC-Programme oder einer Beschleunigung der CNC-Programmerstellung abgeleitet sein.

Der Zielerreichungsgrad steigt mit der zunehmenden Länge des Einsatzzeitraums integrierter Systeme (vgl. Lay 1988). Die CAD/NC-Vernetzung im allgemeinen ist demnach keine Technik, mit der unmittelbar nach ihrer Einführung die geplanten Ziele in vollem Umfang erreicht werden. Mit zunehmender Laufzeit steigt der wirtschaftliche Nutzen der eingesetzten Systeme. Bei der CAD/WOP-Kopplung ist die Verkürzung der Programmierzeit durch die Geometriedatenübernahme unmittelbar wirksam.

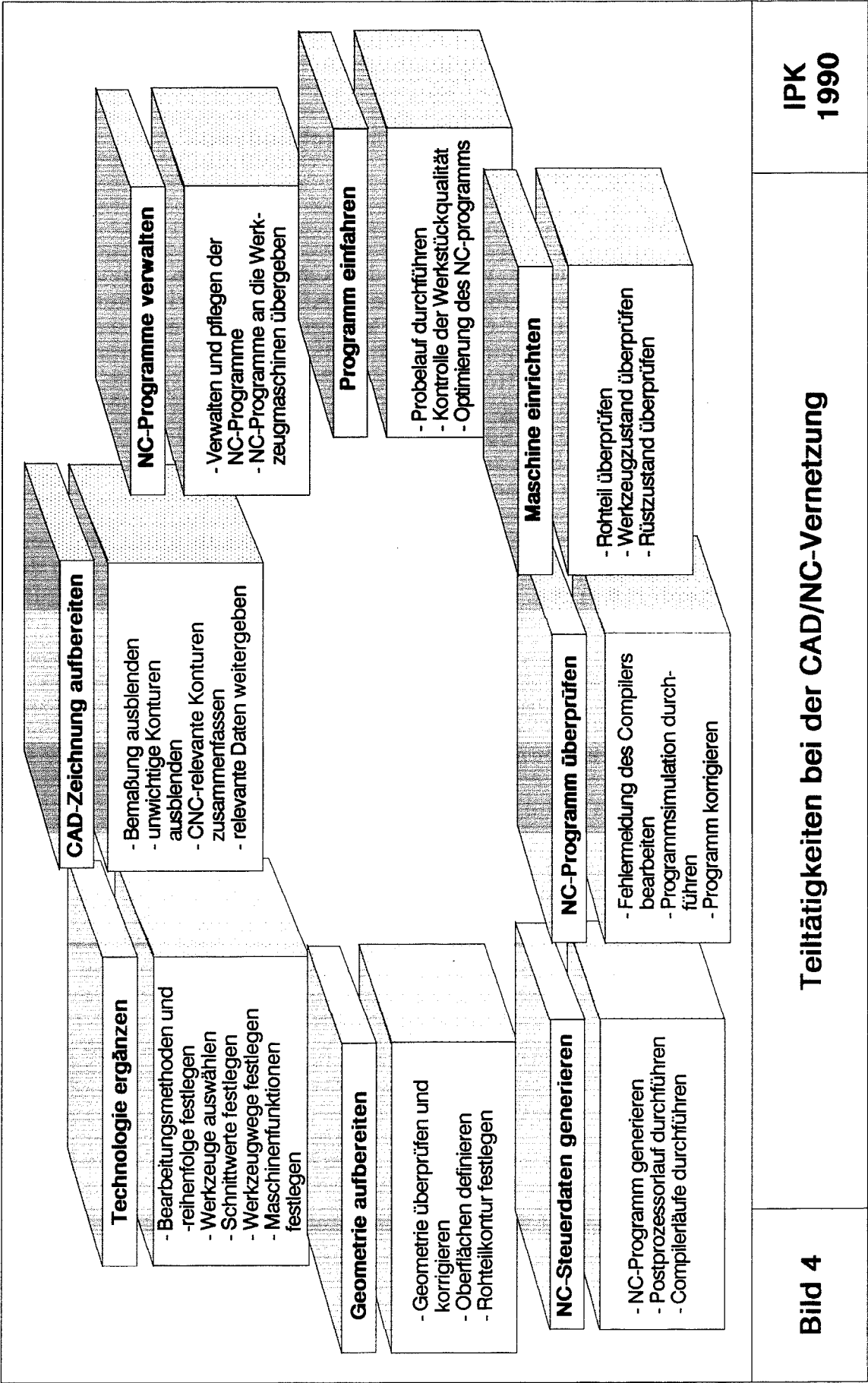
Durch die Straffung der Zeitspanne zwischen Konstruktion und Fertigung werden die gestellten Aufgaben schneller erledigt. Bearbeitungs- und Liegezeiten verkürzen sich. Daraus resultieren eine geringe Kapitalbindung und ein beschleunigter Kapitalrückfluß. Desweiteren steigt die Fähigkeit, flexibel auf Kundenwünsche zu reagieren. Hierdurch verbessert sich die Wettbewerbsfähigkeit. Die CNC-Programmerstellung nimmt bei komplexen Fertigteilgeometrien einen erheblichen Teil der Gesamtfertigungszeit in Anspruch. Hiervon wiederum entfällt ein Großteil auf die Geometrieingabe. Diese Geometrieingabezeit kann bei der Programmierung an Handeingabesteuerungen durch den Einsatz der CAD/WOP-Kopplung gespart werden.

## 2. Arbeitsorganisatorische Alternativen der CAD/WOP-Kopplung

Mit der Einführung neuer Technologien ist häufig eine Umverteilung anfallender Arbeitsaufgaben in dem jeweiligen Mensch-Maschine-System verbunden. Beim betrieblichen Einsatz von CNC-Werkzeugmaschinen fallen die in *Bild 4* dargestellten Teiltätigkeiten an.

Im Betrieb verteilen sich diese Arbeitsaufgaben in einer Vielzahl organisatorischer Varianten auf die Bereiche Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Werkstatt. In der Werkstatt wiederum können Meister, Vorarbeiter, Facharbeiter und angelernte Mitarbeiter Teilaufgaben übernehmen. Welche Aufgabenverteilung bei den verschiedenen Varianten der CAD/WOP-





Kopplung denkbar sind, und welche Konsequenzen das für Arbeitsablauf, Qualifikation und Motivation der Mitarbeiter hat, wird im folgenden dargestellt.

#### **a) Arbeitsorganisation bei der maschinengebundenen CAD/WOP-Kopplung**

##### **Arbeitsverteilung**

Die zwei Hauptformen dieser Variante der CAD/WOP-Kopplung sind, wie gesagt, die unmittelbare Übergabe der CAD-Geometriedaten an die Handeingabesteuerung einer CNC-Werkzeugmaschine mit werkstattorientiertem Programmiersystem sowie die Übergabe der Geometriedaten an einen PC mit werkstattorientiertem Programmiersystem, der an eine CNC-Werkzeugmaschine gebunden ist. In aller Regel werden bei diesen Formen der CAD/WOP-Kopplung die relevanten CAD-Daten bereits in der Konstruktionsabteilung selektiert und die aufbereiteten Daten an das werkstattorientierte Programmiersystem weitergegeben.

Bis auf die Selektion der CNC-relevanten Daten können alle CNC-Teilaufgaben vom Werkstattpersonal, also auch von den Facharbeitern an der Maschine ausgeführt werden. Dazu gehören neben der Vervollständigung des CNC-Programms die Überprüfung und Simulation, die Korrektur und Optimierung, das Einrichten der Maschine und schließlich das Fertigen. Als weitere Aufgabe liegt auch die Verwaltung der CNC-Programme in den Händen der Facharbeiter an der Maschine. Aufgrund der meist geringen Speicherkapazität der CNC-Steuerung ist dies wesentlich vorteilhafter auf einem maschinengebundenen PC zu realisieren.

##### **Konsequenzen für den Arbeitsablauf**

Wesentliches Merkmal des Arbeitsplatzes an einer CNC-Werkzeugmaschine mit CAD/WOP-Kopplung bleibt die Ganzheitlichkeit der Arbeitsaufgabe, auch wenn die Geometrieprogrammierung entfällt. In der Regel sind die Facharbeiter für die Erledigung sämtlicher CNC-Teilaufgaben mit Ausnahme der Geometrieselektion zuständig. Bei diesen hochkomplexen Arbeitsplätzen ist es notwendig, daß den Facharbeitern zur zeitlichen Abstimmung der verschiedenen Teilaufgaben genügend Dispositionsspielraum zur Verfügung gestellt wird. Nur so kann das hohe Flexibilitätspotential der Arbeitsplätze mit CAD/WOP-Kopplung ausgeschöpft werden.

Bei Erstellung von CNC-Programmen ist eine hohe Konzentration erforderlich. Hat der Facharbeiter nicht die erforderliche Ruhe, weil er z.B. zu häufigem Einlegen von Werkstücken in die Werkzeugmaschine gezwungen ist, so mindert dies die notwendige Konzentration bei der Programmierung. Werden vor allem Einzelstücke oder kleine Serien mit komplexer Geometrie gefertigt, so kann die erforderliche Programmierzeit die Fertigungszeit überschreiten. Eine suboptimale Auslastung der Maschine wäre



die Folge, wenn die Kapazitäten der Werkzeugmaschine nicht für andere Fertigungsbereiche genutzt werden könnten.

Im Vergleich zur CAD/NC-Integration, also der CAD/NC-Vernetzungsvariante, bei der die vollständigen CNC-Programme in der Konstruktionsabteilung erstellt werden, hat die CNC-Programmerstellung mit einem WOP-System insbesondere bei CAD-Anbindung erhebliche Produktivitätsvorteile. Aufgrund der Nähe zur Maschine können wesentlich zeitgünstigere CNC-Programme erzeugt werden.

Sowohl aus den defizitären fertigungstechnischen Kenntnissen der Konstrukteure und Zeichner, als auch aus der nur begrenzten Sicherheit, die mit der Simulation der Bearbeitung erreichbar ist, ergibt sich andernfalls die Notwendigkeit, die Verfahrenswege der Werkzeuge in den CNC-Programmen mit hohen Sicherheitstoleranzen auszustatten. Dies wiegt umso schwerer, wenn es aus technischen Gründen nur bedingt möglich ist, die Programme in der Werkstatt zu korrigieren. Außerdem ist den Konstrukteuren oft zum Zeitpunkt der Programmierung nicht bekannt, auf welcher konkreten CNC-Werkzeugmaschine die zu fertigenden Werkstücke hergestellt werden (vgl. Walter 1989). Eigenarten der Maschinen können dann beim Programmieren nicht berücksichtigt werden.

Für das Werkstattpersonal wird sich in aller Regel die Notwendigkeit ergeben, die von der Konstruktion gelieferten NC-Programme vorsichtig einzufahren, denn letztlich wird das Werkstattpersonal für die Qualität der Werkstücke verantwortlich gemacht. Müssen die NC-Programme in der Werkstatt korrigiert bzw. optimiert werden, so muß sich das Werkstattpersonal häufig in komplizierte NC-Programme einarbeiten. Dies erfordert nicht nur Zeit, sondern auch die Motivation der Mitarbeiter in der Werkstatt, die "Fehler anderer" zu beseitigen. All dies entfällt, wenn die Facharbeiter, unterstützt durch die CAD/WOP-Kopplung, die CNC-Programme selbst erstellen.

Ungünstig ist die enge Anbindung der CAD/WOP-Kopplung an einzelne Werkzeugmaschinen dann, wenn eine große Anzahl von CNC-Werkzeugmaschinen im Betrieb vorhanden ist. Die Potentiale des WOP-Systems können bei einer zu engen Maschinenanbindung nur in Bezug auf diese einzelne CNC-Werkzeugmaschine genutzt werden.

Konstruktion und Arbeitsvorbereitung sind zwei deutlich voneinander getrennte Betriebsbereiche. Daraus ergeben sich organisatorische Schnittstellenprobleme. Es besteht kaum die Möglichkeit zu informellen Kontakten. Der Rückfluß von Informationen ist schwierig. Diese organisatorischen Schnittstellenprobleme machen sich vor allem deshalb bemerkbar, weil ein reibungsloser Datentransfer zwischen CAD-System und NC-Programmiersystem noch nicht von allen technischen Systemen befriedigend gelöst ist und durch herkömmliche Kommunikation ergänzt werden muß. Das gilt auch für technologische Informationen, die aus dem CAD-System bislang nicht direkt an ein WOP-System übertragen werden können.

## **Konsequenzen für die Qualifikation**

Im Rahmen der CAD/WOP-Kopplung bleibt, insbesondere bei einer dezentralen Werkstattstruktur, das Qualifikationsniveau der Werkstattmitarbeiter erhalten. Durch die Kopplung mit einem werkstattorientierten Programmierverfahren entfällt die Notwendigkeit, abstrakte Programmiersprachen zu beherrschen. Ob eine vertiefte Kenntnis des DIN-Formates 66025 grundlegende Qualifikation auch für den Umgang mit werkstattorientierten Programmierverfahren bleiben muß, ist wissenschaftlich nicht endgültig entschieden.

Bei der Realisierung einer CAD/WOP-Kopplung verändert sich die Programmierfähigkeit insofern, als der Schwerpunkt nun in der Technologieergänzung, Überprüfung durch Simulation sowie Optimierung der Programme liegt. Die Programmierung der Werkstückgeometrie entfällt weitgehend, muß aber von den Werkstattmitarbeitern beherrscht werden, damit sachgerechte Korrekturen vorgenommen werden können. Hingegen entfällt die Notwendigkeit weitergehender fertigungs- und programmiertechnischer Kenntnisse für die Mitarbeiter der Konstruktion.

Das ist ein Vorteil gegenüber den anderen Alternativen. Denn wenn die CNC-Programmerstellung in der Konstruktion durchgeführt wird, benötigen die Mitarbeiter der Konstruktionsabteilung derartige Kenntnisse. Für das Werkstattpersonal entfällt aber keineswegs die Notwendigkeit, ebenfalls über gute Programmierkenntnisse zu verfügen. Für Korrektur und Optimierung der CNC-Programme sind solche Kenntnisse weiterhin erforderlich.

## **Konsequenzen für die Arbeitsmotivation**

Werkstattarbeitsplätze mit CAD/WOP-Kopplung entsprechen in hohem Maße den Kriterien eines ganzheitlichen, persönlichkeitsförderlichen Arbeitsplatzes. Notwendige Dispositionsspielräume erlauben die Entwicklung planerischer Kompetenzen der Mitarbeiter. All dies läßt Akzeptanz und Arbeitsmotivation der Kollegen in der Werkstatt erwarten.

Dennoch wird von betrieblichen Erfahrungen berichtet, die zeigen, daß selbst unter günstigen arbeitsorganisatorischen Bedingungen diese hohe Arbeitsmotivation nicht immer gezeigt wird. Dies mag eine Ursache darin haben, daß mit solchen dezentralen, dispositiven Arbeitsstrukturen vielfach auch eine erhöhte Belastung und Verantwortung der Facharbeiter verbunden ist. Darüber hinaus fehlen in vielen Fällen Erfahrungen im kooperativen Umgang mit den Kollegen. Die Entwicklung von Teamfähigkeit, Verantwortung und Engagement wird zukünftig eine große Rolle spielen. Hier zeichnet sich ein Qualifikationsbedarf ab, dessen Deckung ganz wesentlich mit darüber entscheiden wird, ob das hohe Produktivitätspotential moderner, dezentraler Werkstattstrukturen voll zum Tragen kommt.

## **b) Arbeitsorganisation bei werkstattzentraler CAD/WOP-Kopplung**

### **Arbeitsverteilung**

Hauptmerkmal der werkstattzentralen CAD/WOP-Kopplung ist die Möglichkeit, von dem zentralen Programmierplatz aus mehrere CNC-Werkzeugmaschinen mit CNC-Programmen versorgen zu können. Der PC mit dem WOP-System kann im Meisterbüro in einem werkstattzentralen Bereich angesiedelt oder auch direkt einer teilautonomen Fertigungsgruppe zugeordnet sein. Die Teilaufgabe der Selektion der relevanten CAD-Daten kann auch bei dieser arbeitsorganisatorischen Kopplungsvariante in der Konstruktionsabteilung durchgeführt werden. Jedoch kann bei einer zentralen Installation des Programmiersystems diese Aufgabe auch rationell in der Werkstatt erledigt werden. Auf einem CAD-Rechner in der Werkstatt können alle CAD-Zeichnungen CNC-gerecht aufbereitet werden.

Parallel zum zentralen Werkstattprogrammierplatz kann jede CNC-Maschine mit einer Handeingabesteuerung ausgerüstet sein. Bei solchen technischen Voraussetzungen können die CNC-Programmerstellung zentral, Korrektur und Optimierung dagegen dezentral an den Maschinen durchgeführt werden. Die Verwaltung und Pflege der CNC-Programme wird aufgrund der größeren Speicherkapazität des zentralen PC's dort durchgeführt.

Die werkstattzentrale CAD/WOP-Kopplung läßt die Möglichkeit offen, alle Teiltätigkeiten der CNC-Fertigung in der Werkstatt zu belassen. Diese Teiltätigkeiten können in der Werkstatt in sehr unterschiedlicher Weise auf die Meister, Vor- und Facharbeiter, Angelernte und Hilfskräfte verteilt sein. In den Betrieben werden sich dementsprechend viele arbeitsorganisatorische Detailvarianten finden.

### **Konsequenzen für Arbeitsablauf und Qualifikation**

Die werkstattzentrale CAD/WOP-Kopplung bietet vielfältige Optionen für die Aufgabenverteilung. Gleichzeitig besteht die Gefahr, durch Spezialistenbildung hinsichtlich der CNC-Teilaufgaben das Flexibilitätspotential der CAD/WOP-Kopplung zu reduzieren. Werden Teiltätigkeiten einer Gesamtaufgabe auf verschiedene Mitarbeiter verteilt, so müssen diese Teiltätigkeiten koordiniert werden, um zu einem Gesamtergebnis zu kommen. Haben sich im Betrieb z.B. Spezialisten für Programmierung, Optimierung und Korrektur, für das Einrichten und Einfahren und für die Wartung und Instandhaltung herausgebildet, so wächst die Abhängigkeit des Werkstattpersonals untereinander. Wartezeiten entstehen bei Nichtverfügbarkeit der Spezialisten. Erschwert wird die Koordination durch zu geringe Dispositionsspielräume des Werkstattpersonals.

Die werkstattzentrale CAD/WOP-Kopplung bietet die Chance, ganzheitliche Arbeitsplätze zu schaffen, das fertigungstechnische Know-How der Facharbeiter aufzugreifen und dennoch die Vorteile zentraler Programmierlösungen mit CAD-Datenübernahme zu nutzen. Die werkstatt-

orientierte CAD/WOP-Kopplung ist daher eine hochflexible Lösung der NC-Organisation, die vor allem für solche Betriebe von besonderem Interesse sein wird, die über keine eigenständige AV-Programmierung verfügen. Vorausgesetzt ist dabei eine hohe Qualifikation des Werkstattpersonals. Qualifikationsunterschiede der Mitarbeiter behindern die Regulationsfähigkeit der Werkstatt hinsichtlich der Erfüllung der Arbeitsaufgaben. Sie sind daher durch entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen auszugleichen.

### **c) Arbeitsorganisation bei der CAD/WOP-Kopplung im Organisationsmix**

#### **Arbeitsverteilung**

Wie eingangs beschrieben, ist in der betrieblichen Praxis heute in den meisten Fällen die Kopplung eines CAD-Systems mit einem NC-Programmiersystem realisiert, das in der Arbeitsvorbereitung steht. Die Aufgabe der Selektion CNC-relevanter CAD-Daten wird im Rahmen dieser Vernetzungsvariante am CAD-System der Konstruktionsabteilung oder am NC-Programmiersystem erledigt. Die Arbeitsvorbereitung übernimmt auf jeden Fall die Erstellung des NC-Programms und dessen Überprüfung durch Simulation. Die Arbeitsteilung zwischen Arbeitsvorbereitung und Werkstatt wird durch die Kopplung eines CAD-Systems mit einem NC-Programmiersystem in der Arbeitsvorbereitung nicht berührt. Die bekannten Vor- und Nachteile dieser Trennung von Arbeitsvorbereitung und Werkstatt bleiben bestehen.

Die werkstattorientierte Programmierung bietet dagegen eine Alternative zur AV-Programmierung, jedoch schließen sich die beiden Varianten nicht aus. Eine interessante Kombination stellt die Installation der CAD/WOP-Kopplung in der Arbeitsvorbereitung und parallel dazu in der Werkstatt dar. Bei diesem NC-Organisationsmix können die Teilaufgaben der CNC-Programmerstellung je nach Bedarf auf die Arbeitsvorbereitung bzw. die Werkstatt verteilt werden. Die Durchgängigkeit der Programmierung ist aufgrund der Verwendung des gleichen Programmiersystems gewahrt.

Die Selektion der CNC-relevanten Geometriedaten kann wiederum in Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Werkstatt erledigt werden. Um Mehrfachkosten für notwendige CAD-Systeme zu vermeiden, ist diese Teiltätigkeit in der Konstruktion oder zentral in der Arbeitsvorbereitung durchzuführen. Betriebe mit einem hohen Programmaufkommen besitzen in aller Regel eine organisatorisch eigenständige AV-Programmierung. Zentral werden dort auch die CNC-Programme verwaltet. Dies ist auch im Rahmen einer CAD/WOP-Kopplung im Organisationsmix sinnvoll.

Welche CNC-Programme im Rahmen dieses NC-Organisationsmixes in der Arbeitsvorbereitung und welche in der Werkstatt erstellt werden, ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dazu gehören: Komplexität des zu programmierenden Werkstückes, Auslastung der Programmierkapazität



in der Arbeitsvorbereitung bzw. in der Werkstatt sowie Programmierkompetenz des Werkstattpersonals.

### **Konsequenzen für Arbeitsablauf und Qualifikation**

Auch die Flexibilitätspotentiale der CAD/WOP-Kopplung im Organisationsmix können nur dann voll zum Tragen kommen, wenn beim Personal die notwendigen Programmierqualifikationen vorliegen. Wird die CAD/WOP-Kopplung im Organisationsmix im Sinne einer offenen, bedarfsorientierten Aufgabenverteilung der CNC-Programmierung eingesetzt, entstehen hochkomplexe, ganzheitliche Arbeitsplätze für alle Mitarbeiter. Es besteht die weitverbreitete Ansicht, nur einfache NC-Programme könnten in der Werkstatt erstellt werden. Doch gibt es durchaus auch Tendenzen in der betrieblichen Praxis, immer kompliziertere Programme in der Werkstatt anfertigen zu lassen. Im Rahmen der CAD/WOP-Kopplung besteht im Organisationsmix auch die Möglichkeit, Programmieraufgaben aus der Werkstatt an die Arbeitsvorbereitung abzugeben. Bei unvorhergesehenen Engpässen in der Fertigung, bei Personalausfall oder auch bei besonders komplexen Programmieraufgaben können die Facharbeiter in der Werkstatt entlastet werden.

## **IV. Probleme und Defizite in der Entwicklung der CAD/WOP-Kopplung**

Die WOP-Philosophie ist noch relativ neu. Bislang sind WOP-Systeme für die Bearbeitungsverfahren "Drehen", "Fräsen/Bohren", "Erodieren" und "Schleifen" entwickelt worden. Für diese Verfahren existieren auch CAD/WOP-Kopplungen. Es bestehen keine prinzipiellen Hindernisse, das Verfahren der werkstattorientierten Programmierung auf andere Bearbeitungsmethoden, z.B. Stanzen, Blechbiegen oder Laserschneiden, auszudehnen. Ob entsprechende werkstattorientierte Programmierverfahren entwickelt werden, hängt davon ab, wie sich die WOP-CNC-Programmierung in den Betrieben bewährt.

In Bezug auf die Forderung nach Durchgängigkeit bei der NC-Programmerstellung findet man bei den verschiedenen WOP-Systemen jedoch noch unterschiedliche Entwicklungsstufen. Für das Drehen steht mit dem Interaktiven Programmiersystem von Traub ein WOP-System zur Verfügung, das auf einem PC ebenso lauffähig ist wie als Handeingabesteuerung an der Werkzeugmaschine. Dagegen können WOP-Systeme für die Fräsbearbeitung bislang nur auf PC's eingesetzt werden. Aus diesem Grund können die im WOP-System erzeugten NC-Fräsprogramme an der Werkzeugmaschine nur auf der Bedienoberfläche der jeweiligen Steuerung korrigiert und optimiert werden.

Die Einheitlichkeit der Bedienoberfläche am WOP-System auf dem PC und an der Werkzeugmaschine ist eine wichtige Forderung für die Zukunft. Bisher gibt es trotz DIN 66025, eine große Vielfalt von CNC-Eingabeformaten und Bedienoberflächen für verschiedene Steuerungen.

Dementsprechend ist es für das Werkstattpersonal bisher noch notwendig, sich mit verschiedenen Bedienoberflächen vertraut zu machen und mehrere spezielle Steuerungssprachen zu erlernen.

Eine weitere wichtige Forderung für die Zukunft ist in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, alle Programmkorrekturen im WOP-System selbst durchführen zu können. Obwohl es ein Ziel des WOP-Verbundprojektes war, ist diese Forderung bislang nicht vollständig realisiert.

Je komplizierter die Fertigteilgeometrie eines Werkstückes ist, desto sinnvoller ist die Weitergabe von CAD-Geometriedaten zur CNC-Programmerstellung. Allerdings bereitet die Übergabe komplexer Geometrien, insbesondere von Freiformflächen, Probleme, die bislang noch nicht gelöst werden konnten. Gerade im Bereich der Freiformflächenbearbeitung übersteigen die Erwartungen der Anwender gegenwärtig noch die Möglichkeiten der Systemanbieter. Für das 5-Achs-Fräsen ist darüber hinaus ein werkstattorientiertes Programmiersystem nicht in Sicht. Zur Zeit kann die CAD/WOP-Kopplung für komplizierte Drehteile sowie für Fräsarbeiten bis zu drei Achsen rationell eingesetzt werden.

Ein weiteres Ziel bei der zukünftigen Entwicklung der CAD/WOP-Kopplung ist die Darstellung von CAD-Zeichnungen auf dem Bildschirm einer CNC-Werkzeugmaschine mit Handeingabesteuerung. Bislang reicht die geringe Speicherkapazität und der 12"-Bildschirm gängiger Handeingabesteuerungen nicht aus, um CAD-Zeichnungen darstellen zu können. Mit der Darstellbarkeit der CAD-Zeichnungen auf dem Bildschirm der Handeingabesteuerungen bestünde die Möglichkeit, die CNC-relevanten Daten der Zeichnung direkt vom Bildschirm der CNC-Werkzeugmaschine abzulesen und zu verwenden. Hat der Facharbeiter an der Maschine zusätzlich die Möglichkeit, auf die Zeichnungsdatenbank zuzugreifen, erhöhen sich Flexibilität und Unabhängigkeit in der Werkstatt nochmals. Der Facharbeiter könnte je nach Bedarf die CAD-Zeichnungen abrufen und diese zum CNC-Programm weiterverarbeiten.

Bei der weiteren Entwicklung der CAD/WOP-Kopplung ist zu gewährleisten, daß zur Vermeidung mehrfacher Dateneingaben möglichst alle im CAD-System abgelegten, für die CNC-Programmerstellung relevanten Informationen in den nachgeschalteten Systemen genutzt werden können. Es ist anzustreben, im CAD-System weitere Daten, wie z.B. Werkzeug- und Spannmitteldaten zu definieren und diese Daten in den weiterverarbeitenden Systemen nutzbar zu machen. Besonders wichtig ist die Übertragung solcher Daten, die für die CNC-Programmierung unmittelbar von Bedeutung sind. Dazu gehören Oberflächenbeschaffenheit, Toleranzen, Gewindemaße u.ä. Dazu ist es notwendig, zu einer Erweiterung der Datenstruktur im Werkstattprogrammiersystem zu gelangen. Solange die vollständige Übergabe von CAD-Daten zum WOP-System nicht realisiert ist, läßt sich das Nebeneinander von CAD/WOP-Kopplung und der Konstruktionszeichnung auf dem Papier nicht vermeiden.

Der Weg zu einer integrierten EDV-Architektur in den Betrieben erfolgt in den allermeisten Fällen über die Verbindung einzelner existierender

EDV-Inseln, die zuvor unabhängig voneinander im Betrieb eingeführt wurden. Dies gilt häufig auch für CAD-Systeme, CNC-Programmiersysteme und CNC-Werkzeugmaschinen. So existiert in den Betrieben eine Vielzahl verschiedenster CAD-Systeme mit unterschiedlichen Leistungsmerkmalen und Anwendungsbereichen, installiert auf diversen Rechnersystemen. Bislang waren bei betrieblichen Entscheidungen für ein CAD-System die besonderen Anforderungen der Konstruktion maßgebend, selten eine spätere Vernetzbarkeit mit weiteren EDV-Inseln. Gleiches gilt für CNC-Programmiersysteme oder CNC-Werkzeugmaschinen mit Handeingabesteuerung. Bei der Kopplung von CAD-Systemen und CNC-Programmierung findet man in den Betrieben daher eine große Anzahl betriebsspezifischer Schnittstellenlösungen. Die Entwicklung solcher speziellen Kopplungen erfordert von den Betrieben einen hohen Anpaßaufwand. Klein- und Mittelbetriebe können sich einen solchen Aufwand in aller Regel nicht leisten. Gleichzeitig erschweren diese systemspezifischen Lösungen die Einbindung weiterer Systemkomponenten. Die Umstellung z.B. auf neue, modernere CAD-Systeme wird schwierig.

Die genannten Probleme stellen sich in gleicher Weise für die Realisierung einer CAD/WOP-Kopplung. Neben der Kopplung des CAD-Systems mit dem WOP-System bedarf es jeweils spezifischer Postprozessoren zur Anpassung der auf dem WOP-System erstellten CNC-Programme an die Steuerung der in den Betrieben vorhandenen CNC-Werkzeugmaschinen. Fehlende Standardschnittstellen zwischen CAD- und WOP-Systemen, bislang nur wenige ausgereifte werkstattoorientierte Programmiersysteme sowie die fehlenden Postprozessoren stellen momentan ein wesentliches Hindernis für die weitere Verbreitung der CAD/WOP-Kopplung dar. Aus diesem Grund sind für die weitere Verbreitung der CAD/NC-Vernetzung im allgemeinen wie der CAD/WOP-Kopplung im besonderen Fortschritte auf dem Weg zu einer genormten Schnittstelle von Bedeutung.

Ein solches Konzept wird mit der Schnittstelle STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) verfolgt. STEP stellt ein Standardformat zur Abbildung produktdefinierender Daten dar. Erst wenn eine solche genormte Schnittstelle fertig entwickelt ist und sich durchgesetzt hat, entfällt die Notwendigkeit systemspezifischer Anpassungen. Damit wird die CAD/NC-Vernetzung auch für solche Betriebe interessant, die nicht in der Lage sind, betriebsspezifische Anpassungen zu entwickeln.

## **V. Ausblick: Der zukünftige Einsatz der CAD/WOP-Kopplung**

Im Produktionsbereich erfolgt der Datenaustausch in zunehmendem Maße über digitale Datenträger oder -verbindungen. Zwangsläufig wird auch die überbetriebliche Informationsübermittlung nach und nach digitalisiert. Auftragszeichnungen werden künftig auf Datenträgern übergeben. Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, müssen Klein- und Mittelbetriebe entsprechend mitziehen. So ist es auch für Betriebe ohne eigene Konstruktionsabteilung notwendig, Auftragszeichnungen verarbeiten zu können, die auf Datenträgern zur Verfügung gestellt werden. Um die ent-



sprechenden Daten auch innerbetrieblich nutzen zu können, müssen in erster Linie Geometrie- und Technologieinformationen zur Erstellung der NC-Programme verfügbar gemacht werden. Hierfür sind CAD-Workstations und NC-Programmiergeräte notwendig, die mit Investitionen in Rechnersysteme und Personalqualifikation verbunden sind.

Entsprechende Ausgaben bedeuten für Klein- und Mittelbetriebe in der Regel eine relativ hohe finanzielle Belastung. Daher finden sich bisher rechnerunterstützte Systeme hauptsächlich in Großunternehmen. Der Bedarf an exakten und komfortablen Beschreibungs- und Weiterverarbeitungsmöglichkeiten von komplexen und schwierigen Geometrien hatte in der Automobil-, Flugzeugbau-, Raumfahrt- und Schiffsbauindustrie einen relativ großen Aufwand zur Erforschung, Entwicklung und zum Testeinsatz von CAD/NC-Vernetzungen zur Folge. Aufgrund der Marktmacht der Unternehmen dieser Industriezweige sind die Klein- und Mittelbetriebe aus dem Zulieferbereich zum Einsatz von CAD-Systemen gezwungen. Mit dem Vorhandensein dieser CAD-Systeme ist dann eine der Voraussetzungen für eine CAD/NC-Vernetzung gegeben.

Der Einsatz der CAD/WOP-Kopplung hängt in starkem Maße von der Leistungsfähigkeit der WOP-Systeme ab. Werkstattorientierte Programmierverfahren sind mit dem Ziel entwickelt worden, den Facharbeitern in der Werkstatt die Erstellung von CNC-Programmen auch bei komplexen Teilen zu ermöglichen. Zwar ist das Haupteinsatzgebiet die Kleinserien- und Einzelstückfertigung, inzwischen werden WOP-Systeme aber auch bei Großserienfertigung eingesetzt. Gleichwohl kommen die Vorteile einer CAD/NC-Vernetzung bei Kleinserien eher zum Tragen, ist doch der Anteil an Programmierzeit, damit auch der Datentransfer zwischen CAD- und Programmiersystem ungleich höher als in der Großserienfertigung. Gleiches gilt für die CAD/WOP-Kopplung im speziellen.

Die Entscheidung eines Betriebes für eine bestimmte CAD/NC-Vernetzungsvariante hängt von der bereits vorhandenen NC-Organisation ab. Aufgrund der hohen Zahl von CAD-Systemanbietern und Werkzeugmaschinenherstellern mit jeweils eigenen werkstattorientierten Programmierverfahren ergibt sich eine Vielzahl von spezifischen Kopplungsmöglichkeiten. Ein Hauptproblem ist die Zusammenstellung der für den jeweiligen Betrieb passenden Rechnerkonfiguration. Eine intensive Betriebsanalyse ist vor der Systemauswahl unbedingt notwendig, insbesondere bezogen auf die angewendeten Fertigungsverfahren sowie auf das Werkstückspektrum.

In Kleinbetrieben ohne eigene Arbeitsvorbereitung dominieren zur Zeit CAD/NC-Vernetzungen in Form der Integration eines NC-Moduls in das CAD-System. Der zukünftige Einsatz der CAD/WOP-Kopplung in den Betrieben hängt in hohem Maße von der weiteren Entwicklung leistungsfähiger werkstattorientierter Programmiersysteme für die verschiedenen Bearbeitungsverfahren ab. Für Betriebe, die bislang ohne computerunterstützte Konstruktion arbeiten, gleichwohl aber CNC-Werkzeugmaschinen mit Handeingabesteuerung und werkstattorientiertem Programmierverfahren anwenden, ist die Einführung eines CAD-Systems und dessen An-

bindung an die werkstattorientierte CNC-Programmierung sinnvoll. Mit der zunehmenden Ausbreitung der werkstattorientierten Programmierung wird daher auch die CAD/WOP-Kopplung an Bedeutung gewinnen.

Mit der CAD/WOP-Kopplung besteht auch für kleinere Betriebe ohne eigenes CAD-System für die Konstruktion und mit überwiegender Erstellung der CNC-Programme an der Handeingabesteuerung der Werkzeugmaschine die Möglichkeit, CAD-Daten für die CNC-Programmerstellung nutzbar zu machen. Die CAD/WOP-Kopplung bietet die Möglichkeit, bei der CAD/NC-Vernetzung die spezifischen Vorteile der werkstattorientierten Programmierung zu nutzen. Mehr als bei allen anderen Formen der CAD/NC-Vernetzung kann bei der CAD/WOP-Kopplung die Reduzierung des Aufwandes der Dateneingabe mit der Nutzung des Facharbeiter-Know-Hows in der Werkstatt verbunden werden.

## Literatur:

- Ammon, R.: Gleiche "Intelligenz" für alle. NC-Fertigung 6, 1988.
- Bellmann, B.; Muschiol, M.: CAD/CAM-Einsatz bei einem Werkzeughersteller. In: Technische Rundschau, 20/1988.
- Herzog, H.-H.: Das Dilemma der NC-Organisation. Technische Rundschau 35/1988.
- Kromberg, J.: Unisono-Syntax. NC-Fertigung 6, 1988.
- Lay, G.; Boffo, M.; Schneider, R.: Integration von rechnergestützter Konstruktion und NC-Programmierung. ZWF 6, 1987.
- Potthast, A.; Zeppelin, W. von: CAD/NC-Kopplung für ein Werkstattprogrammiersystem. ZWF 7, 1989.
- Spälti, M.: Mit CAD/CAM von der Idee zum Produkt. In: Technische Rundschau, 4/1988.
- Steudel, M.: Wirtschaftlichkeitsaspekte beim Einsatz von CAD/CAM-Systemen. In : Horvath, P. (Hrsg): Wirtschaftlichkeit neuer Produktions- und Informationstechnologien. Stuttgart 1988.
- Walter, W.: CAD/NC-Kopplung mit CAD-Funktionalität. ZWF 1, 1989.



Alexander Hars, August-Wilhelm Scheer\*

## **LEITSTÄNDE - EIN NEUES INSTRUMENTARIUM ZUR FERTIGUNGSSTEUERUNG**

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>I.</b>   | <b>Ausgangslage</b>                              | <b>53</b> |
| <b>II.</b>  | <b>Kriterien zur Beurteilung von Leitständen</b> | <b>56</b> |
|             | 1. Funktionen der Fertigungssteuerung            | 56        |
|             | 2. Belegungsplanung                              | 58        |
|             | 3. Einsatzbereich                                | 65        |
|             | 4. Benutzeroberfläche                            | 67        |
|             | 5. Integration                                   | 73        |
| <b>III.</b> | <b>Einsatzbeispiel</b>                           | <b>76</b> |
| <b>IV.</b>  | <b>Zusammenfassung</b>                           | <b>77</b> |
|             | <b>Literatur</b>                                 | <b>78</b> |

---

\* Dipl. Kaufm. Alexander Hars ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Prof. Dr. August-Wilhelm Scheer ist Leiter des Instituts für Wirtschaftsinformatik an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken. Eine Kurzfassung dieses Beitrags ist erschienen in: VDI-Z 132 (1990), Nr. 3, S. 20-26



## I. Ausgangslage

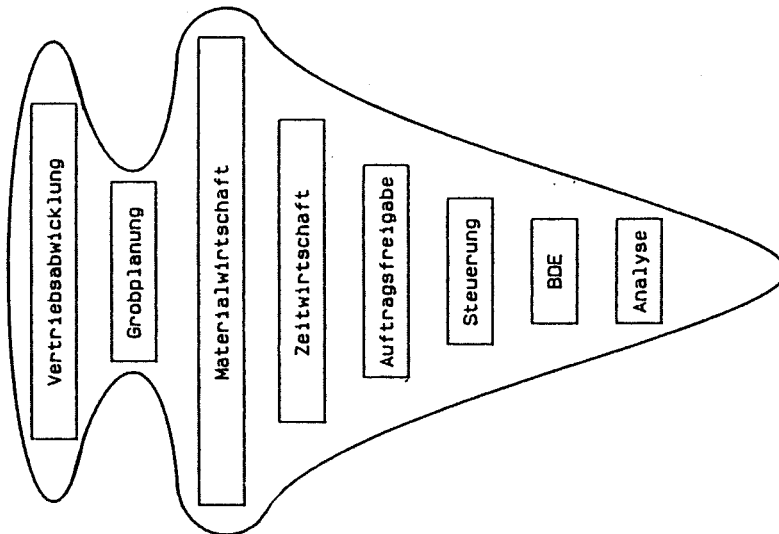
In der Mehrzahl der Industrieunternehmen werden heute Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS-Systeme) eingesetzt. Sie weisen jedoch eine Reihe von Schwachstellen auf. PPS-Systeme sind auf eine Unterstützung der eher mittelfristigen Planungsfunktionen der Material- und Zeitwirtschaft ausgerichtet. Defizite zeigen sich sowohl bei der Unterstützung der langfristig orientierten Primärbedarfsplanung als auch bei den kurzfristigen Funktionen im Rahmen der Fertigungssteuerung. Die Unterstützung sinkt, je mehr sich die Planung der Realisierung nähert (vgl. Scheer 1986). *Abbildung 1* zeigt (symbolisiert durch die Größe der um die einzelnen Funktionen gelegten Rechtecke) einerseits den Unterstützungsgrad der einzelnen Funktionen wie er für die gegenwärtige Gewichtung gilt (a), andererseits eine ausgewogenere Verteilung des Unterstützungsgrades, wie er für künftige PPS-Systeme zu fordern ist (b) (vgl. Scheer 1986).

Die heute bei vielen Industrieunternehmen im kurzfristigen Planungsbereich sichtbare Lücke bei der EDV-Unterstützung wird dadurch vergrößert, daß sich in vielen Industriezweigen eine Wandlung von einem Anbieter- zu einem Käufermarkt vollzogen hat. Die Anforderungen an Termintreue, kurze Lieferzeiten und kleine Fertigungslosgrößen - bis hinunter zur Losgröße 1 - sind beträchtlich gestiegen. Die Gewährleistung der Flexibilität in der Produktion ist für eine wirksame Fertigungssteuerung deshalb unerlässlich.

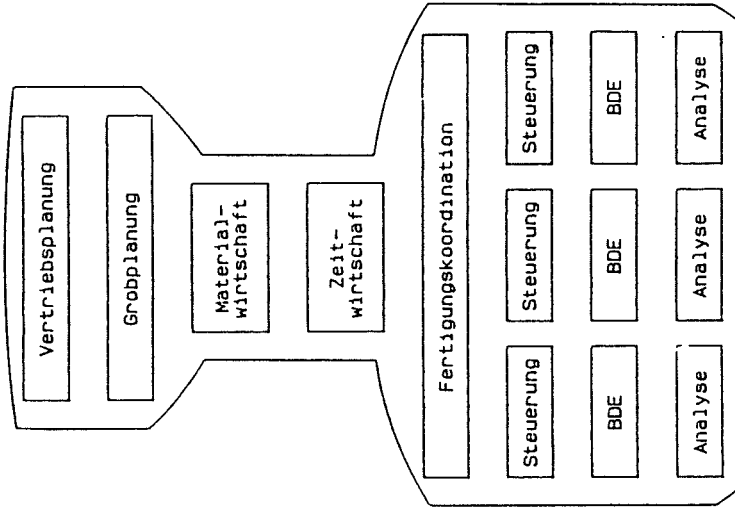
Auch die Einführung von Fertigungsstrukturen nach dem Objektprinzip gewinnt zunehmend an Interesse. Diese *Fertigungsinselstrukturen* benötigen Hilfsmittel zur Unterstützung bei der kurzfristigen Planung innerhalb der Inseln und insbesondere für die Koordinierung der einzelnen Fertigungsinseln (vgl. Loos; Ruffing 1986).

Diese Probleme führten zu der Entwicklung neuer Konzepte für EDV-Systeme in der Fertigungssteuerung. Als Ergebnis dieser Bemühungen drängen seit wenigen Jahren EDV-Systeme auf den Markt, für die sich die Bezeichnung elektronischer oder grafischer Leitstand durchgesetzt hat (vgl. Friedrichs; Gromotka 1989). Leitstände sind durch eine gegenüber herkömmlichen EDV-Systemen deutlich verbesserte benutzerfreundliche grafische Oberfläche gekennzeichnet und bilden die Plantafel auf dem Bildschirm nach. Sie fußen auf einem interaktiven, den Disponenten einbeziehenden Planungskonzept. Bei Leitständen handelt es sich um dedizierte, eigenständig einsetzbare Systeme, die über eine eigene Datenbasis verfügen und auf einer Workstation oder einem Personal Computer implementiert sind. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit zeigt *Abbildung 2* eine Übersicht über einige Leitstände.

Der Begriff "Leitstand" ist eine Analogie zu dem klassischen Leitstand in einem Industriebetrieb, dessen auffälligstes Element ebenfalls die Plantafel war. Der Einsatz eines Leitstandes ist aber nicht primär auf die Organisationsform einer zentralen Werkstattsteuerung ausgerichtet, die häufig mit der Einrichtung eines klassischen Leitstands verbunden wird. Elek-



a) gegenwärtige Gewichtung



b) zukünftige Gewichtung

Aus: Scheer, A.-W.: Neue PPS-Architektur, 1986, S.3 und S.19.



| Anbieter  | Adresse   | Bezeichnung Leitstand        | Hardware                | Betriebs-system | Grafik-oberfläche             | Datenbank |
|---|---|------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------|
| AHP Havermann und Partner Gesellschaft für Informationsverarbeitung mbH | Robert-Koch-Str. 1a<br>8033 Planegg<br>Tel. 089/8573057       | CIM-Leitstand                | PC/AT<br>PS/2           | PC-DOS          | Eigene                        | Eigene    |
| Dr. Ing. Klaus Brankamp System Produktionsplanung GmbH                  | Max-Planck-Str. 9<br>4006 Erkrath 1<br>Tel. 0211/250740       | INTEPS-LPS                   | PC/AT                   | PC-DOS          | Graphical Development Toolkit | ADIMENS   |
| dispo-Organisation  | Postfach 4140<br>5760 Amsberg<br>Tel. 02932/4181              | dispo-Commander              | AT-386                  | PC-DOS          | Windows                       | Eigene    |
| IDS Prof. Scheer Ges. für integrierte Datenverarbeitungssysteme mbH     | Halbergstr. 3<br>6600 Saarbrücken<br>Tel. 0681/66509-0        | Intelligenter Leitstand Fi-2 | DEC-VAX<br>HP 9000 u.a. | UNIX            | X-Windows                     | ORACLE    |
| Infor GmbH  | Barbarastr. 12<br>6605 Friedrichsthal<br>Tel. 06897/857198    | infor-CIM-Leitstandsystem    | PC/AT<br>PS/2           | PC-DOS          | Eigene                        | Eigene    |
| Krupp Atlas Datensysteme GmbH   | Sebaldsbr. Heerstr. 235<br>2800 Bremen<br>Tel. 0421/4570      | AFL 1300                     | MPR 130                 | Eigenes         | Eigene                        | Eigene    |
| Prof. Kurbel  | Universität Dortmund<br>4600 Dortmund 50<br>Tel. 0231/7553157 | L1                           | PC/AT<br>PS/2           | PC-DOS          | MS-Windows                    | ORACLE    |
| PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme GmbH     | Kurfürstendamm 61<br>1000 Berlin 15<br>Tel. 030/884230        | PIUSS-O                      | PC/XT                   | PC-DOS          | Eigene                        | Eigene    |
| Siemens AG  | Otto-Hahn-Ring 6<br>8000 München 83<br>Tel. 089/63648528      | Jobplan                      | Apollo<br>WS 30         | AEGIS           | DOMAIN                        | Eigene    |

lei\_uebs.gsm

IWi

Übersicht über einige Leitstände (Stand: März 1989)

Abb. 2

tronische Leitstände sind auch für den dezentralen Einsatz, und insbesondere für die Werkstattsteuerung in Fertigungsinseln geeignet.

Eine scharfe *Abgrenzung* zwischen Leitständen und anderen Systemen der Fertigungssteuerung ist schwerlich möglich. Heute unterscheiden sie sich zwar noch bei der Benutzeroberfläche und dem Umfang der eingesetzten Hardware. Schon der Funktionsumfang eignet sich jedoch kaum als Kriterium. Dazu ist zum einen der Funktionsumfang anderer in der Fertigungssteuerung eingesetzter EDV-Systeme nicht genügend homogen. Zum anderen ist bei Leitständen eine Tendenz zu einer Ausweitung des Funktionsumfangs zu beobachten.

## II. Kriterien zur Beurteilung von Leitständen

### 1. Funktionen der Fertigungssteuerung

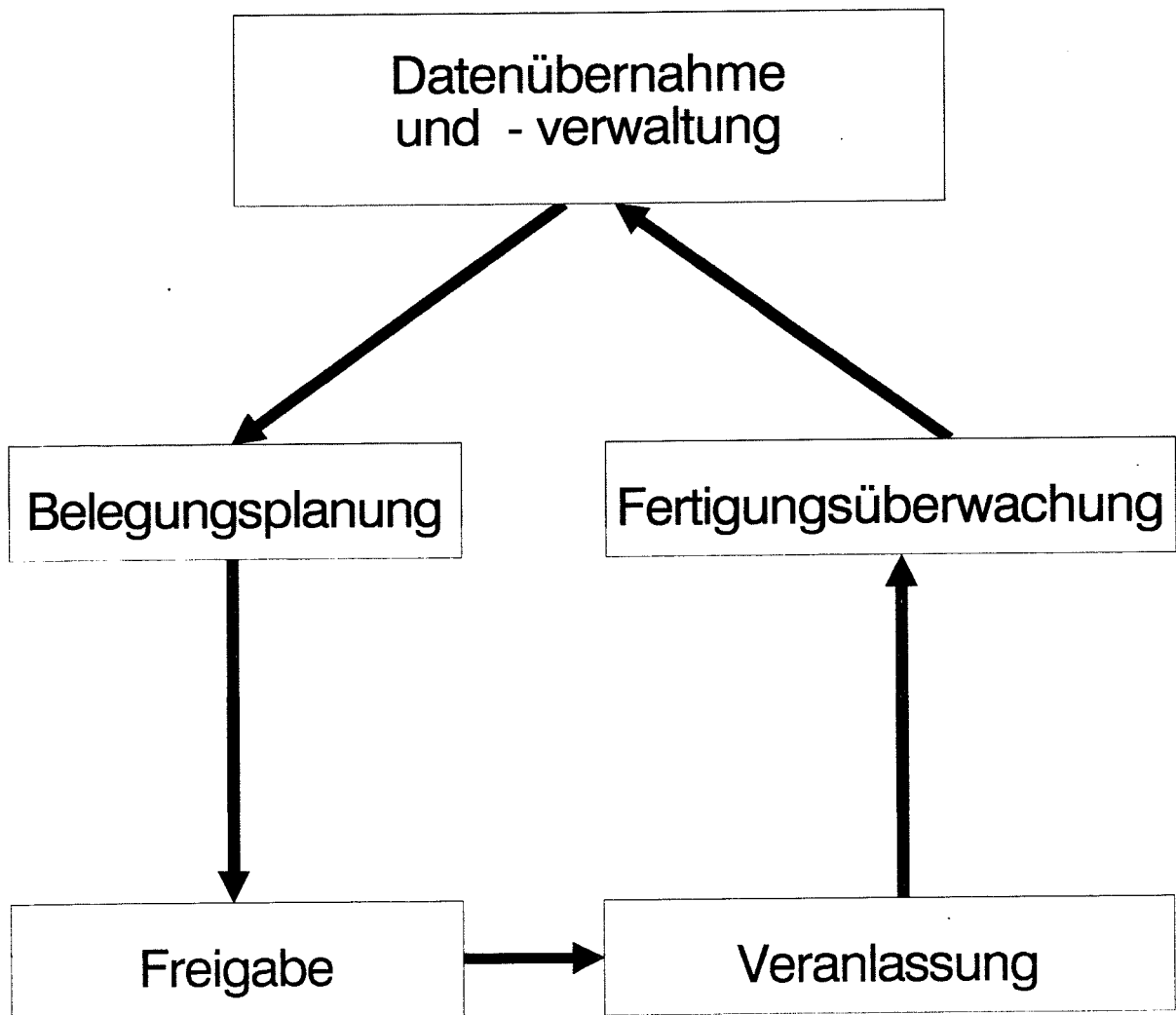
Die Fertigungssteuerung läßt sich in fünf Funktionen aufspalten (*Abbildung 3*):

Die *Datenübernahme und -verwaltung* umfaßt die Übernahme von Auftrags- oder Arbeitsgangdaten (allgemein: Vorgangsdaten) aus dem übergeordneten PPS-System. Sie erlaubt das selbständige Anlegen und Löschen von Vorgängen in der Produktion. Dies ermöglicht die Behandlung von Eilaufträgen, den Betrieb auch bei einer Unterbrechung der Verbindung zum PPS-System und den Betrieb in Unternehmen, die über kein übergeordnetes EDV-System verfügen. Außerdem gehört die Änderung der Vorgänge zu der Datenübernahme und -verwaltung. Dadurch können vom PPS-System übergebene Vorgänge auf die Verhältnisse in der Produktion angepaßt werden.

Die *Belegungsplanung* ist die hervorstechende Funktion bei einem Leitstand. Sie ordnet die Ressourcen und Vorgänge unter Berücksichtigung von Kapazität und Verfügbarkeit einander zeitlich zu. Die Belegungsplanung wird im folgenden Abschnitt eingehender dargestellt.

Auf die Belegungsplanung folgt die *Freigabe*. Für einen sehr kurzfristigen Zeitraum wird ein Teil des Belegungsplanes festgeschrieben und dadurch von der Planungsphase in die Realisierungsphase überführt. Durch die Freigabe werden eine Vielzahl von Planungsschritten und -zuordnungen bindend und können nur unter Schwierigkeiten wieder rückgängig gemacht werden.

Aufgabe der *Veranlassung* ist die Zuteilung von Arbeitsanweisungen auf der Grundlage der freigegebenen Vorgänge. Die Empfänger von Arbeitsanweisungen sind dabei entweder das Personal oder nachgeordnete Informationssysteme, wie z.B. ein DNC-System oder ein Transportsystem. Die Arbeitsanweisung kann dabei eine feste oder eine variable Auftragsreihenfolge beinhalten.



Im Anschluß an die Veranlassung erfolgt die *Fertigungsüberwachung*. Sie ermittelt die Abweichung zwischen Soll und Ist und ist Grundlage für eine rechtzeitige Reaktion auf Störungen. Die Fertigungsüberwachung gliedert sich in die Überwachung des Auftragsfortschrittes, die Erkennung von Störungen und die Ermittlung der Qualität der gefertigten Produkte.

Die Qualität der Funktionen Datenübernahme und -verwaltung, Veranlassung und Fertigungsüberwachung ist eng mit der Implementierung von Schnittstellen zu dem PPS-System, dem Betriebsdatenerfassungssystem und dem DNC-System verbunden. Sie werden in einem späteren Abschnitt näher betrachtet.

## **2. Belegungsplanung**

Bei der Planung handelt es sich um die originäre Funktion eines Leitstandes. Vier Aspekte sind hierbei zu berücksichtigen, nämlich der Netzzusammenhang, die Planungskomponenten, Planungshäufigkeit und -prinzipien.

### **a) Netz- oder Auftragszusammenhang**

Ein (Fertigungs-)Auftrag besteht in der Regel aus mehreren Arbeitsgängen, die z.B. auf unterschiedlichen Maschinen bearbeitet werden. Ein Teil der Leitstände betrachtet bei der Planung lediglich den einzelnen Arbeitsgang, ohne die vorausgehenden oder nachfolgenden Beziehungen zu den Arbeitsgängen desselben Auftrags zu berücksichtigen. Diese Leitstände lassen den Netzzusammenhang, verschiedentlich auch Auftragszusammenhang genannt, außer acht. Andere Leitstände berücksichtigen dagegen mit dem Netzzusammenhang die Beziehungen zwischen den einzelnen Arbeitsgängen eines Auftrags. Ein Vergleich wird dabei häufig durch die unterschiedliche Verwendung der Begriffe erschwert.

Das Fehlen des Netzzusammenhangs macht einen Leitstand für den Einsatz in einer Fertigungsinselorganisation ungeeignet, weil dort die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Arbeitsgängen eines Auftrags nicht vernachlässigt werden können. Auch in einem Unternehmen mit einer Werkstattstruktur kann der Netzzusammenhang nur dann unberücksichtigt bleiben, wenn die Werkstätten voneinander relativ unabhängig planen können. Das ist umso eher der Fall, je geradliniger und standardisierter der Auftragsfluß durch die einzelnen Werkstätten ist und je höher eventuelle Pufferbestände zwischen den einzelnen Werkstätten sind.

### **b) Planungskomponenten**

Bei der Planung müssen dem Arbeitsgang eine bzw. mehrere Ressourcen zugeteilt werden. Je nach der betrieblichen Situation können das Maschinen, Personal, Werkzeug, Vorrichtungen, NC-Programme, Material und Transporteinrichtungen sein. Ressourcen, die einem Planungsobjekt mit

Hilfe des Leitstandes zugeteilt werden können, seien als Planungskomponenten bezeichnet.

Leitstände sind bisher vorwiegend auf eine einzige Planungskomponente ausgerichtet, nämlich die *Maschinen*. Dies ist eine Folge davon, daß die Entwicklung von Leitständen von der Plantafel ausging, mit deren Hilfe die Maschinenbelegung dargestellt werden konnte.

Prinzipiell läßt sich mit einem Leitstand analog zur Maschinenbelegungsplanung eine *Personalbelegungsplanung* durchführen. Dabei wird die Planungskomponente Maschine durch die Komponente Personal ersetzt. Abgesehen von den Schwierigkeiten, ein solches Konzept gegenüber der Belegschaft durchzusetzen, können dabei weitere Problembereiche identifiziert werden. Die Beziehungen zwischen Personal und Auftrag bzw. Arbeitsgang sind vielfältiger als sie es gewöhnlich zwischen einer Maschine und Auftrag/Arbeitsgang sind. Häufig müssen z.B. bei einem Arbeitsgang mehrere Personen zusammenarbeiten. Derartige Mehrfachzuordnungen zwischen Arbeitsgang und Personal sind jedoch komplexer, als dies bei den Maschinen z.B. beim Splitting von Arbeitsgängen der Fall ist. Auch das Verteilen von Aufgaben innerhalb einer Gruppe müßte berücksichtigt und dargestellt werden können. Eine Entsprechung dazu gibt es bei der Maschinenbelegung nicht. Gleiches gilt für die Mehrmaschinenbedienung. Diese Problemfelder bieten deshalb noch weiten Spielraum für die Weiterentwicklung von Leitständen.

Darüber hinaus wirft die *simultane Planung* von verschiedenen Planungskomponenten Probleme auf. So ist es bis heute nicht möglich, Personal- und Maschinenbelegung gleichzeitig und gleichberechtigt zu planen. Vielmehr ist die Planung hierarchisch aufgebaut. Dabei wird nur die Maschinenbelegung nach gewissen Regeln geplant. Bei den anderen Planungskomponenten wird lediglich eine *Verfügbarkeitsprüfung* durchgeführt. Ist z.B. ein Werkzeug für einen bestimmten Arbeitsgang zu dem gewünschten Zeitpunkt nicht verfügbar, so wird der Arbeitsgang als zu diesem Zeitpunkt nicht einplanbar betrachtet. Eine Anpassung der Werkzeugbelegung bleibt ausgeschlossen. Die Belegung von Werkzeugen erfolgt im Falle der Verfügbarkeit durch eine Reservierung. Die Verfügbarkeitsprüfung wird häufig für das Material, seltener für Werkzeuge und Vorrichtungen angeboten. Für das Personal wird selten eine explizite Verfügbarkeitsprüfung durchgeführt. Die Verfügbarkeit des Personals schlägt sich jedoch in den *Schichtmodellen* nieder, die die Zeiten enthalten, in denen die Maschinen genutzt werden können.

Eine besondere Schwierigkeit für die simultane Planung mehrerer Komponenten liegt auch in der Darstellungsform. Die Belegung eines Arbeitsganges durch mehrere Komponenten müßte auf dem Bildschirm darstellbar sein. Ansätze zur Lösung dieses Problems finden sich z.B. in dem "Klammern" von Arbeitsgängen. Dabei werden zwei Arbeitsgänge systemintern durch eine Bedingung so verknüpft, daß ihre Bearbeitung gleichzeitig stattfinden muß. Durch die Aufspaltung eines Arbeitsganges in zwei geklammerte Arbeitsgänge läßt sich dann erreichen, daß ein Arbeitsgang, der eine Maschine belegt, gleichzeitig auch z.B. eine Person belegt. Ein



Ansatz zur Darstellung des Verfügbarkeitsstatus ist die farbige Markierung einer Maschine bzw. eines Arbeitsganges für den Fall, daß eine Ressource fehlt. Das Problem der simultanen Darstellung mehrerer Planungskomponenten kann jedoch bisher nicht als gelöst bezeichnet werden.

### c) Planungsfrequenz und -zeitraum

Die Planungsfrequenz beschreibt die Häufigkeit der Durchführung einer Belegungsplanung mit Hilfe des Leitstandes. Der Planungsfrequenz ist der Planungszeitraum gegenüberzustellen. Er beschreibt den Zeitraum, für den eine explizite Planung erfolgt. Der Planungshorizont ist der Zeitraum bis zum Ende des beim letzten Planungslauf erstellten Belegungsplans. Er nimmt zwischen zwei Planungsläufen kontinuierlich ab. Bei einer *zyklischen Planung* erfolgt erst dann ein neuer Planungslauf, wenn der Planungshorizont erreicht ist. Der Nachteil dieses häufig bei herkömmlichen PPS-Systemen angewandten Verfahrens (vgl. Herterich; Zell 1989) liegt jedoch in der hohen Abweichung zwischen geplanter und tatsächlicher Situation in der Fertigung bei der Annäherung an den Planungshorizont. Der Plan ist dann bereits veraltet.

Dies wird durch die Anwendung des Prinzips der *rollierenden Planung* vermieden, bei der bereits vor Erreichen des Planungshorizontes ein neuer Planungslauf erfolgt; die Planungsfrequenz ist dadurch gesteigert. Für einen Planungszeitraum von einer Woche kann z.B. eine tägliche oder schichtweise Planung erfolgen, so daß der Zeitraum zwischen zwei Planungsläufen sehr viel geringer ist als der Planungszeitraum.

### d) Planungsprinzipien

Das Planungsprinzip ist das Verfahren zur Erstellung eines Planes. Dabei sind zwei Grundprobleme zu unterscheiden:

- o Zum einen muß eine Zuordnung von Arbeitsgängen zu bestimmten Maschinen erfolgen. Innerhalb einer Betriebsmittelgruppe mit funktionsgleichen Maschinen muß eine Maschine ausgewählt werden, auf der der Arbeitsgang zu fertigen ist. Dieses Problem wird als *Alternativenproblem* bezeichnet. Zum Alternativenproblem gehört auch die Möglichkeit, einen Arbeitsgang in mehrere Teile aufzuteilen und auf verschiedenen Maschinen zu fertigen.
- o Zum anderen muß die Reihenfolge bestimmt werden, in der die Arbeitsgänge, die einer Maschine zugeordnet sind, auf der Maschine bearbeitet werden sollen. Das *Reihenfolgeproblem* erfordert besondere Lösungsmöglichkeiten, zum Beispiel das Raffieren von Arbeitsgängen. Dabei werden ähnliche Arbeitsgänge unmittelbar hintereinander gefertigt, so daß die Rüstzeit für den zweiten Arbeitsgang entfällt. Außerdem ist die Überlappung von Arbeitsgängen möglich.

Grundsätzlich kann man zwei extreme Planungsprinzipien unterscheiden, nämlich die automatische und interaktive Planung. Verwirklicht sind in der Regel Mischformen.

(1) Das erste Planungsprinzip ist die *automatische Planung*, die völlig ohne Eingriff des Bedieners erfolgt. Mit ihrer Hilfe sollen alle einplanbaren Arbeitsgänge bzw. Aufträge möglichst günstig eingeplant werden.

Leitstände stellen meist nur einfache Heuristiken für die automatische Belegungsplanung zur Verfügung. Heuristiken sind Näherungsverfahren zur Erreichung eines bestimmten Zieles, die nicht unbedingt in der Lage sind, die optimale Lösung zu erreichen (vgl. Müller-Merbach 1971). Aus verständlichen Gründen ist eine detaillierte Beschreibung der Heuristiken von den Leitstandsherstellern nicht zu erhalten. Deshalb können die Heuristiken im folgenden nur in den Grundzügen dargestellt werden.

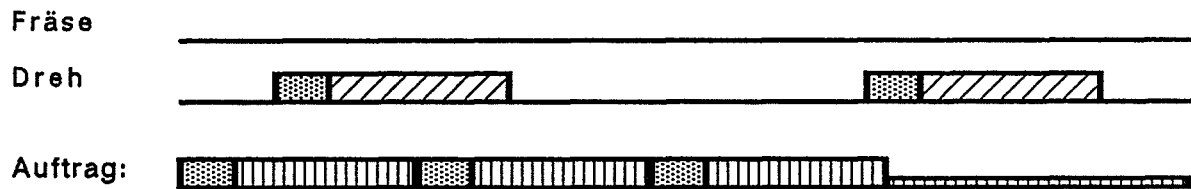
Alle Heuristiken enthalten eine Entscheidungskomponente und eine Komponente, die die Planungsrichtung bestimmt. Im Prinzip können alle Heuristiken für jede Planungsrichtung ausgerichtet werden. Demzufolge bietet ein Leitstand für seine Heuristiken meist die Auswahl zwischen einer Vorwärtsterminierung und einer Rückwärtsterminierung.

- o Bei einer *Vorwärtsterminierung* wird jeweils vom frühesten Startzeitpunkt ausgehend vorwärts, also in die Zukunft, geplant. Begonnen wird dementsprechend jeweils mit dem ersten Arbeitsgang eines Auftrags. Der Vorteil einer Vorwärtsterminierung ist eine tendenziell starke Auslastung der Maschinen in der Gegenwart und das Erhalten von Pufferzeiten bis zum spätesten Endtermin.
- o Bei einer *Rückwärtsterminierung* wird vom spätesten Endtermin ausgehend rückwärts geplant. Ausgegangen wird dabei jeweils vom letzten Arbeitsgang eines Auftrags. Der Vorteil einer Rückwärtsterminierung besteht in einer Verringerung der Lagerzeiten für die Fertigprodukte.
- o Manche Leitstände ermöglichen eine Kombination der beiden Planungsrichtungen, die als *Terminierung vom Engpaß aus* bezeichnet wird. Ausgehend von einer Engpaßmaschine erfolgt eine Rückwärtsterminierung für die davor liegenden Arbeitsgänge und darauf eine Vorwärtsterminierung für die später liegenden Arbeitsgänge der jeweiligen Aufträge. Der Vorteil einer Terminierung vom Engpaß aus liegt in einer Verringerung der Durchlaufzeiten von Aufträgen, die den Engpaß passieren müssen.

*Abbildung 4* zeigt die Anwendung der verschiedenen Terminierungsrichtungen für die Einplanung eines Auftrages, der aus drei Arbeitsgängen besteht. Der erste und der dritte Arbeitsgang sind auf einer Fräsmaschine, der zweite Arbeitsgang ist auf einer Drehmaschine zu fertigen. Die Arbeitsgänge dieses Auftrags sind durch die senkrechte Schraffur gekennzeichnet. Die Drehmaschine ist eine Engpaßmaschine, die bereits teilweise mit anderen, schräg schraffierten Arbeitsgängen belegt ist.



## Ausgangslage:



## Fall 1: Vorwärtsterminierung



## Fall 2: Rückwärtsterminierung



## Fall 3: Terminierung vom Engpaß aus



IWi

Anwendung unterschiedlicher  
Terminierungsrichtungen

Abb. 4

Die Entscheidungskomponente der heute angewendeten Heuristiken basiert auf einfachen *Prioritätsregeln*. Die Einplanung von Arbeitsgängen richtet sich entweder nach extern vorgegebenen Prioritäten des Auftrags, z.B. nach der Bedeutung des Auftrags für das Unternehmen oder nach Prioritätsziffern, die aus Kenngrößen des jeweiligen Auftrags oder Arbeitsganges gewonnen wurden. Beispiele dafür sind

- die kürzeste Operationszeit,
- die längste Verweildauer in einer Warteschlange,
- der geringste Abstand vom Endtermin.

Die Leistungsfähigkeit dieser Heuristiken ist gering (vgl. Wiendahl; Lüssenhop 1989).

Bis heute gibt es in der Theorie keine Ansätze, die eine Erstellung eines *optimalen Maschinenbelegungsplanes* bei einer vorgegebenen Zielgröße mit realistischem Zeitaufwand ermöglichen. Schon bei relativ einfachen Annahmen ist es nicht mehr möglich, den optimalen Plan für eine bestimmte Zielgröße unter all den möglichen Belegungsplänen zu ermitteln. Dazu ist das Problem zu komplex.

Darüber hinaus muß berücksichtigt werden, daß eine *Zielgröße*, die die Zielerreichung in der Fertigung meßbar macht, meist so nicht vorgegeben werden kann. Dies wäre aber eine Vorbedingung für eine automatische Planung. Gäbe man z.B. die mittlere Durchlaufzeit als Zielgröße vor, so würde man dennoch immer wieder eine erhebliche Verlängerung der Durchlaufzeit anderer Aufträge in Kauf nehmen, damit ein besonders wichtiger Auftrag seinen Termin einhält. Verwendete man umgekehrt die Termineinhaltung als Zielgröße, so würde man u.U. eine Terminverletzung bei einem unwichtigen Auftrag akzeptieren, um die Auslastung an einer Engpaßmaschine gleichmäßiger zu gestalten. Auch durch Formen der Gewichtung läßt sich dieses Problem nicht lösen. Die Vorgabe einer allgemeingültigen Zielgröße ist daher nicht möglich. Auch aus diesem Grund wäre eine vollständig automatische Planung nicht durchführbar.

Ebenso schwer würde es fallen, vorzugeben, unter welchen Bedingungen ein Algorithmus bei der Planung "von sich aus" ein Splitting vornehmen muß oder z.B. die Kapazität einer Maschine durch die Einführung von Überstunden anpassen darf. Für solche Aufgaben sind Entscheidungen des Bedieners unerlässlich.

Aus diesen Gründen zielen Leitstände nicht darauf ab, eine vollständig automatische Planung durchzuführen, die den Bediener ersetzen könnte.

Vielmehr ist zu beobachten, daß Leitstände Funktionen zu einer eingeschränkten automatischen Planung zur Verfügung stellen, die für bestimmte Fälle vom Benutzer aufgerufen werden können.

Dazu gehört die Bestimmung einer günstigen Reihenfolge und Verteilung von Arbeitsgängen innerhalb einer Betriebsmittelgruppe. Nach einfachen, den Erfordernissen des Unternehmens angepaßten Heuristiken werden die Arbeitsgänge, die der Betriebsmittelgruppe zugeteilt wurden, aber noch nicht freigegeben sind, in eine Reihenfolge gebracht. Dabei können

z.B. tendenziell Arbeitsgänge bestimmter Rüstklassen bestimmten Maschinen zugeordnet werden; die Reihenfolge kann sich eher an den Terminen oder eher an der Durchlaufzeit ausrichten.

(2) Wegen der Unzulänglichkeiten der automatischen Planung ist die *interaktive Planung* von großer Bedeutung. Der Leitstand fungiert dabei als elektronische Version einer Plantafel, bei der die objektorientierte Logik der Plantafel durch das einfache "Stecken" der einzelnen Arbeitsgänge mit Hilfe der Maus praktisch unverändert angewandt werden kann. Dabei ist es mit einem grafischen Leitstand einfacher als mit einer klassischen Plantafel, Vorgänge wie das Splitten und Raffen durchzuführen oder probeweise Änderungen der Planung vorzunehmen. Nicht alle Leitstände ermöglichen jedoch das direkte Verschieben von Arbeitsgängen mit der Maus.

Eine Verbesserung der interaktiven Planung kann durch eine Funktion zur gezielten automatischen Einplanung eines einzelnen, z.B. mit der Maus ausgewählten Auftrags erreicht werden. Dabei wird ein einzelner Auftrag Arbeitsgang für Arbeitsgang im Wege der Vorwärts- bzw. der Rückwärtsterminierung für den nächstgünstigen bisher unbelegten Zeitraum automatisch der jeweiligen Maschine zugeteilt.

Darüber hinaus gibt es bei manchen Leitständen eine analoge Funktion, mit der man auch einzelne Arbeitsgänge automatisch einer Maschine zuordnen lassen kann. Beide Funktionen sind nur bei sehr wenigen Leitständen realisiert. Sie sind aber eine wichtige Unterstützung der interaktiven Planung.

Bisher fehlt bei fast allen Leitständen eine *computergestützte Auswertung* eines interaktiv oder automatisch erstellten Maschinenbelegungsplanes. Dazu müßten für einen Plan verschiedene Meßgrößen ermittelt werden. Das könnten z.B. die mittlere Durchlaufzeit, die Anzahl der Terminüberschreitungen, die Kapazitätsauslastung, die mittlere Anzahl der begonnenen, aber noch nicht fertiggestellten Aufträge, die Summe der Rüstkosten an einer Maschine o.ä. sein. Dies würde es dem Benutzer ermöglichen, unterschiedliche Pläne nach den Kriterien zu vergleichen, die mit seiner Zielgröße am stärksten korrelieren. Auf diese Weise könnte er den besten Plan auswählen.

Solche Ansätze werden häufig mit dem Begriff *Simulation* belegt, obwohl es sich hier nicht in strengem Sinn um eine Simulation handelt. Gemeint ist jeweils die Veränderung eines Planes, wobei die Änderungen jederzeit rückgängig gemacht werden können und der neue Plan mit einem oder mehreren anderen Plänen verglichen werden kann. Solche Möglichkeiten zur Simulation werden nur von zwei Leitständen unterstützt. Die Möglichkeit, die an der Plantafel gemachten Veränderungen zurückzunehmen, bieten mehrere Leitstände an.

Einer der Leitstände weist eine weitere Option zur Verbesserung eines gegebenen Maschinenbelegungsplanes auf. Auf der Grundlage von Meßgrößen, anhand derer die Vorteilhaftigkeit eines Planes ermittelt werden

kann, versucht er durch Vertauschen von Arbeitsgängen iterativ einen vorteilhafteren Plan zu generieren. Dieses Verfahren ist bei keinem anderen Leitstand implementiert. Es zeigt aber, daß Meßgrößen, die die Bewertung eines Plans ermöglichen, Grundlage für eine gezielte, auch interaktive Verbesserung des Plans nach der Zielsetzung des Bedieners sein können. Hier liegen noch umfangreiche Verbesserungsmöglichkeiten für Leitstände.

### 3. Einsatzbereich

Leitstände können Planungsfunktionen in unterschiedlichen Fertigungsstrukturen übernehmen.

Bei einer *Fließfertigung*, die von einer prozeßorientierten Fertigung zu unterscheiden ist, ist der Einsatz eines Leitstandes wenig sinnvoll, denn dabei sind nur geringe Planungsprobleme zu erwarten. In solchen Fertigungsstrukturen werden grafische EDV-Systeme eingesetzt, die zwar teilweise als Leitstände bezeichnet werden. Sie dienen jedoch nicht der kurzfristigen Planung, sondern sind ein Hilfsmittel zur Prozeßvisualisierung. Als solches sind sie eine Komponente eines Betriebsdatenerfassungssystems.

Bei einer *Werkstattfertigung* gibt es vielfältige Möglichkeiten für den Einsatz eines Leitstandes. Man unterscheidet zwei unterschiedliche Organisationsformen, die zentrale und die dezentrale Werkstattsteuerung.

(1) Bei der *zentralen Werkstattsteuerung* übernimmt eine zentrale Stelle die dispositiven Funktionen. Die Planung wird einzig von der zentralen Stelle durchgeführt. Die untergeordneten Stellen, Meister und Vorarbeiter, übernehmen nur noch Aufgaben der Menschenführung und technische Aufgaben (vgl. Hackstein; Strack 1987). Für diese Organisationsform galt ein Leitstand lange Zeit als prädestiniert. Die zentrale Werkstattsteuerung hat jedoch einige Nachteile: Sie bedarf einer gut ausgebauten Betriebsdatenerfassung, um die Fertigungssituation zu überwachen und eingreifen zu können, und ist dennoch wenig flexibel.

Für eine zentrale Werkstattsteuerung werden häufig umfangreichere EDV-Systeme eingesetzt, die bisher über eine wenig benutzerfreundliche Oberfläche verfügen und nur in begrenztem Maß eine interaktive Planung erlauben. Häufig sind dies den PPS-Systemen nahestehende EDV-Systeme. Der Schwerpunkt liegt bei ihnen auf einer automatischen Planung. Die Komplexität des Planungsproblems ist durch die Vielzahl an Maschinen, für die gleichzeitig eine Planung durchgeführt werden muß, sehr hoch. Mehr als 50 Maschinen sind für eine zentrale Werkstattsteuerung keine Seltenheit. Auf einem Bildschirm läßt sich nur ein kleiner Teil aller Maschinen darstellen, je nach Leitstand zwischen ca. 5 und 20 Maschinen. Dadurch wird die Implementierung eines interaktiven Planungskonzeptes erschwert.

Eine Reduzierung der Anzahl der Maschinen, die auf einer Bildschirmseite dargestellt werden müssen, läßt sich dadurch erreichen, daß verschiedene Bereiche nahezu unabhängig voneinander geplant werden. Dazu erfolgt eine Einteilung in Betriebsmittelgruppen oder Werkstätten, die jeweils einzeln geplant werden. Die Nachteile der zentralen Werkstattsteuerung werden durch diese Aufteilung jedoch nicht ausgeglichen, sondern lediglich die Planungsmöglichkeiten verbessert.

(2) Anstelle einer zentralen Steuerung läßt sich mit Leitständen ein Konzept *dezentraler Werkstattsteuerung* verwirklichen. Die Werkstätten werden dabei nicht mehr einzeln von einer zentralen Stelle geplant, sondern in jeder Werkstatt erfolgt eine eigene Planung mit Hilfe eines Leitstandes. Die dezentrale Werkstattsteuerung gilt heute als ein wichtiges Einsatzgebiet von Leitständen (vgl. Strack 1989). In dem Maß, in dem die Verflechtung der Werkstätten untereinander zunimmt, wird bei dezentraler Werkstattsteuerung der Bedarf für eine Abstimmung zwischen den einzelnen Werkstatteleitständen steigen.

Leitstände eignen sich prinzipiell auch für den Einsatz in einer *Fertigungsinselorganisation*. Dazu müssen sie jedoch in der Lage sein, als Planungsobjekt den Netzzusammenhang und nicht nur den einzelnen Arbeitsgang zu unterstützen. Dazu sind nicht alle Leitstände fähig. Auch bei einer Fertigungsinselorganisation ist die Möglichkeit einer Abstimmung zwischen den Leitständen der einzelnen Fertigungsinseln von großer Bedeutung.

Der Ausschnitt aus der Fertigung, für den mit einem Leitstand eine Belegungsplanung durchgeführt wird, sei der *Dispositionsbereich* des Leitstandes. Bei einer Fertigung, in der mehrere Leitstände eingesetzt werden, sind die Vorgänge in den einzelnen Dispositionsbereichen nicht voneinander unabhängig, weil es Aufträge gibt, die mit einzelnen Arbeitsgängen in verschiedenen Dispositionsbereichen bearbeitet werden. Eine Werkstattorganisation ist gerade dadurch gekennzeichnet, daß ein Auftrag mit seinen Arbeitsgängen in verschiedenen Dispositionsbereichen gefertigt wird. Auch bei einer Fertigungsinselorganisation gibt es häufig Aufträge, die für bestimmte Arbeitsgänge die Fertigungsinsel verlassen müssen. Diese Arbeitsgänge gelangen dadurch in den Dispositionsbereich eines anderen Leitstandes. Die Einplanung im zweiten Dispositionsbereich ist abhängig von der Planung der davorliegenden Arbeitsgänge im ersten Dispositionsbereich.

Die Mehrzahl der Leitstände verfügt nicht über eine Funktion zur *Koordinierung* der einzelnen Dispositionsbereiche. Verzögerungen in dem einen Dispositionsbereich können im zweiten Dispositionsbereich dann nicht berücksichtigt werden. Das Fehlen einer solchen Koordinierungsfunktion ist ein deutlich hemmender Faktor auf dem Weg zu einer effizienten und flexiblen Planung. Es besteht die Gefahr, daß voneinander isolierte Planunginseln entstehen.

Ein einziger Leitstand verwirklicht derzeit ein solches Konzept mit Hilfe einer *Koordinierungsebene*, die zwischen den einzelnen Leitständen



und dem PPS-System eingeführt wird. Sie überwacht den inhaltlichen und terminlichen Zusammenhang von Arbeitsgängen auch über mehrere Dispositionsbereiche hinweg. Zudem verfügt die Koordinierungsebene über eine Schnittstelle zum PPS-System und verteilt die vom PPS-System übergebenen Aufträge auf die einzelnen Dispositionsbereiche.

Die damit verbundene Hierarchisierung der Fertigungssteuerung führt zu einer abgestimmten Planung in der Fertigung und parallel dazu zu einer größeren Flexibilität und Eigenverantwortung in den einzelnen Teilbereichen, indem einzelne selbstregulierende Regelkreise aufgebaut werden.

#### 4. Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche ist die Schnittstelle, über die die Kommunikation zwischen Mensch und Computer abgewickelt wird.

(1) Bedeutsam sind als erstes Qualität, Eignung und Komfort der Ein- und Ausgabemedien.

Als *Ausgabemedium* steht ein Grafikbildschirm im Vordergrund. Er macht die Visualisierung z.B. eines Maschinenbelegungsplanes erst möglich. Eine Reihe von Leitständen verfügt neben dem Grafikbildschirm noch über einen alphanumerischen Bildschirm, der zur Anzeige von Daten dient. Auf ihm können z.B. die zu einem Auftrag gehörenden Daten in Tabellenform dargestellt werden. Leitstände, die auf einen separaten Datenbildschirm verzichten, zeigen für einen selektierten Auftrag oder Arbeitsgang in der Regel Kurzinformationen an und erlauben die Anzeige ausführlicher Daten über entsprechende Fenster.

Das wichtigste *Eingabemedium* ist die Maus. Die Funktion der Maus kann auch durch einen Lichtgriffel oder durch einen Rollball ersetzt werden. Dies sind jedoch Ausnahmen. Die Bedeutung der Tastatur wird immer mehr reduziert. Bei den Leitständen mit einer weit entwickelten Benutzeroberfläche erfolgt nur ein sehr geringer Teil der Interaktionen über die Tastatur. Sie ist nur notwendig für Eingaben, bei denen eine Auswahl aus Vorgaben nicht möglich ist. Das gilt z.B. für die zurückgemeldete Menge eines Fertigungsauftrages, u.U. für die genaue Bezeichnung einer Störung etc.

(2) Ergänzend zum Einsatz von Grafik-Bildschirm als Ausgabemedium und zur Maus als Eingabemedium ist die *Software-Oberfläche* entscheidend für die Kommunikation zwischen Mensch und Computer. Alle Leitstände verfügen über Menütechnik, eine Reihe von Leitständen wenden darüber hinaus die Fenstertechnik an. Die am weitesten entwickelten Leitstände greifen auf eine Standard-Grafikoberfläche, wie z.B. Windows, zurück und unterstützen damit auch Pull-Down-Menüs und Pop-Up-Fenster. Die anderen Leitstände verfügen, weil es sich um eigenerstellte Grafiksoftware handelt, nur über einen Teil der Funktionen einer Standard-Oberfläche. Die Grafikoberfläche ist die dritte Entwicklungsstufe einer Benutzeroberfläche. Während konventionelle EDV-Systeme noch auf den



Stufen eins und zwei ohne Grafik bzw. allenfalls mit einer improvisierten Textgrafik angesiedelt sind, wird die vierte Stufe aus einer bildlichen Darstellung des Fertigungsablaufs auf dem Monitor bestehen (vgl. Zell; Kern 1988). Die Animation wird bisher bei noch keinem Leitstand eingesetzt. *Abbildung 5* zeigt die Entwicklungsstufen einer Benutzeroberfläche.

Zur besseren Visualisierung der Planungssituation verfügen die Leitstände über verschiedene Darstellungsmöglichkeiten. Alle Leitstände stellen die eingeplanten Arbeitsgänge je Maschine in Abhängigkeit von der Zeit dar. Bei einem solchen *Maschinenbelegungsplan* werden die Arbeitsgänge als Balken dargestellt, deren Länge der Belegungszeit entspricht und die nebeneinander in einer Zeile dargestellt werden. Jede Zeile symbolisiert dabei eine Maschine. Die Arbeitsgänge werden teilweise farblich oder alphanumerisch gekennzeichnet, um ihre Zugehörigkeit zu einem bestimmten Auftrag zu verdeutlichen. Dies geht jedoch sehr schnell zu Lasten der Übersichtlichkeit des Planes. In der *Abbildung 6* ist in der oberen Hälfte des Bildschirms ein solcher Maschinenbelegungsplan dargestellt.

Eine Variante des Maschinenbelegungsplanes zeigt jeden Auftrag in einer neuen Zeile. Diese Darstellungsform findet sich bei einem Leitstand. Dadurch können auf einer Bildschirmseite nur wenige Maschinen mit ihrer Belegung gleichzeitig dargestellt werden. Dem Verlust an Darstellungsumfang steht nur ein geringer Gewinn an Information über die Bezeichnung der Arbeitsgänge gegenüber. Zusätzlich wird deshalb noch eine Auftragsbelegungsübersicht angeboten, bei der alle Maschinen eingeblendet werden, auf denen Arbeitsgänge des ausgewählten Auftrags gefertigt werden.

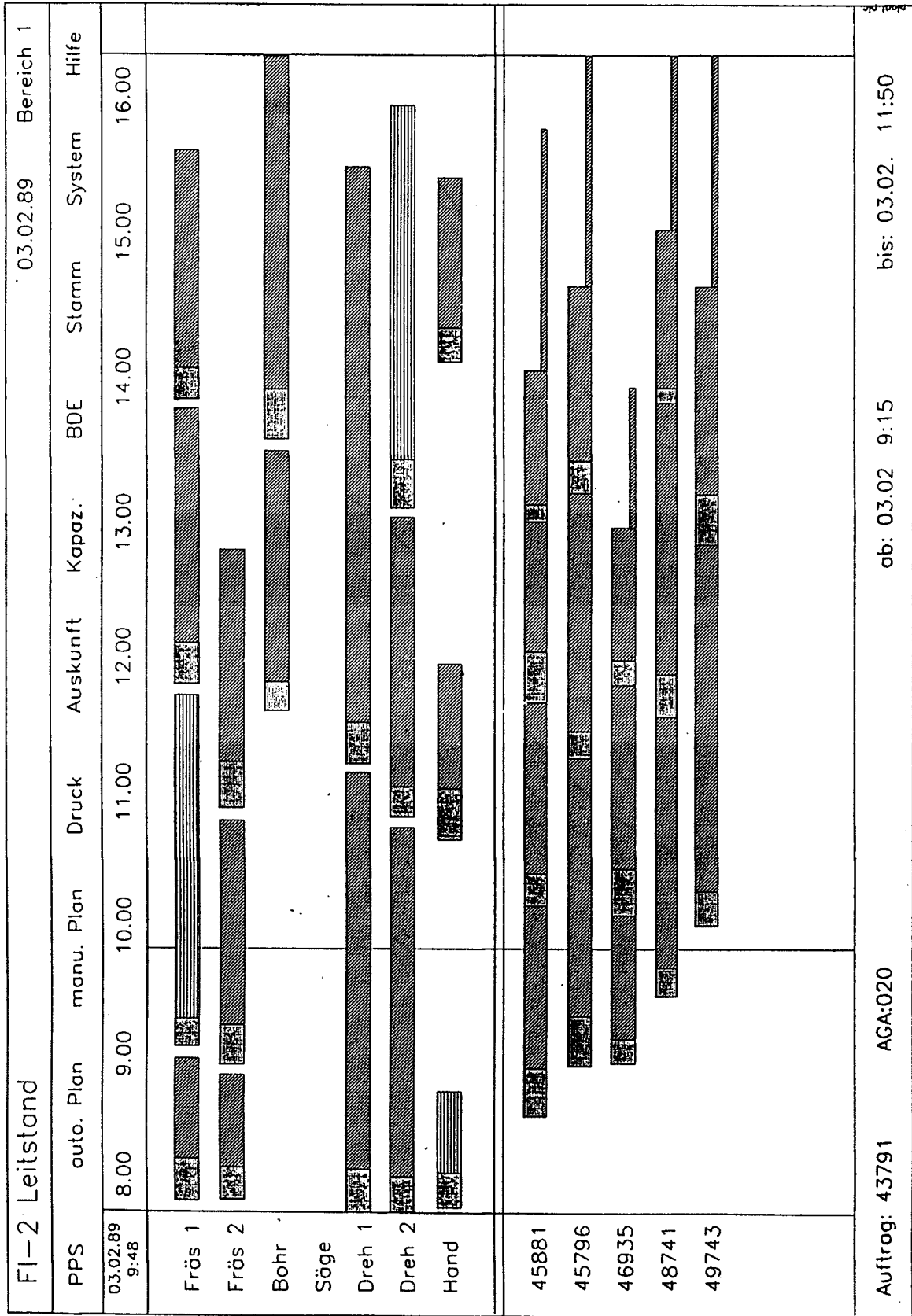
Neben dem Maschinenbelegungsplan gibt es meist eine Darstellung, die die noch nicht eingeplanten Arbeitsgänge bzw. Aufträge zeigt. Dies wird als *Auftragspool* bezeichnet. Der Auftragspool enthält z.B. in jeder Zeile einen Auftrag mit seinen Arbeitsgängen, soweit sie noch nicht eingeplant sind. Ein schmaler Balken gibt die Pufferzeit an, innerhalb derer ein Auftrag ohne Verletzung seines frühesten Starttermins oder spätesten Endtermins verschoben werden kann. Die untere Hälfte von *Abbildung 6* zeigt einen solchen Auftragspool.

Die Darstellung des Auftragspools ist bei den unterschiedlichen Leitständen noch recht verschieden. Bei manchen Systemen muß der Auftragspool separat aufgerufen werden. Die Entwicklung geht dahin, den Auftragspool und den Maschinenbelegungsplan gleichzeitig auf dem Bildschirm anzuzeigen. Das ist notwendig für interaktive Verfahren der Einplanung. Mit der Maus kann dann ein Arbeitsgang oder ein Auftrag aus dem Auftragspool angeklickt und einer bestimmten Maschine zu einer bestimmten Zeit zugeordnet werden.

Neben diesen Übersichten verfügen die meisten Leitstände über *Belastungsübersichten*, die für bestimmte Zeiträume für die Maschinen oder Betriebsmittelgruppen die verfügbare Kapazität und den Kapazitätsbe-



angelehnt an: Zell, M., Kern, S.: Graphikeinsatz in der Produktionsplanung und -steuerung. In Gesellschaft für Informatik (GI) e.V. Fachausschuß Informatik in Produktion und Materialwirtschaft (Hrsg.): Neue Entwicklungen zur graphischen Unterstützung im Produktionsbereich, Tagungsprotokoll vom 8.12.88, S.4.



darf bzw. die Belastung aus dem Auftragspool anzeigen. Ein schematisches Beispiel zeigt *Abbildung 7*.

Mehrere Leitstände verfügen über eine waagerechte Zeitachse, ein sogenanntes *Zeitlineal*. Es läßt sich mit Hilfe der Maus verschieben, um andere Ausschnitte des Planes zu erhalten. Außerdem läßt sich die Skalierung verändern, z.B. in einem Bereich von einer halben Schicht pro Bildschirmseite bis zu einem Zeitraum von mehreren Monaten pro Bildschirmseite. Auf einem dazugehörigen Zeitfenster läßt sich die Zeit für einen bestimmten Punkt auf dem Bildschirm ablesen.

Die Verschiebung des Zeitlineals und die Veränderung der Skalierung sind zwei für den Benutzer besonders wichtige Funktionen. Sie gleichen den Nachteil der geringen Darstellungsfläche aus, den der Leitstand gegenüber der klassischen Plantafel hat. Deshalb sind Funktionen, die es ermöglichen, ein Zeitlineal zu zentrieren oder das Zeitlineal so zu verschieben, daß ein Auftrag oder Arbeitsgang im Mittelpunkt steht, besonders wichtig. Anderenfalls besteht die Gefahr, daß der Bediener auf dem Bildschirm die (zeitliche) Orientierung verliert.

An einem der untersuchten Leitstände können Rückmeldungen eingegeben werden. Außerdem lassen sich dort Veränderungen an bestehenden Aufträgen sowie das Einfügen neuer Aufträge durchführen. Diese Handlungen sind je nach Benutzeroberfläche unterschiedlich komfortabel.

(3) Die Bedienungsfreundlichkeit eines EDV-Systems hängt von mehreren Faktoren ab:

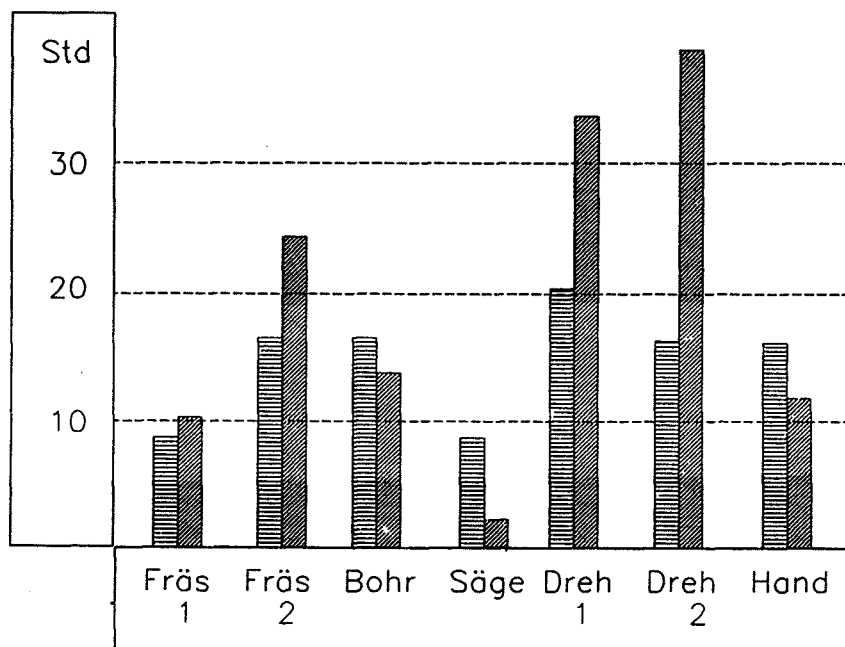
Die *Übersichtlichkeit* ist bei Leitständen im Vergleich zu den konventionellen EDV-Systemen durch den Einsatz der Grafik sehr hoch. Die Angabe von Kurzinformationen auf dem unteren Teil des Bildschirms oder auf einem separaten Textbildschirm, verbunden mit der grafischen Maschinenbelegung, bewahrt den Bediener vor Interpretationsschwierigkeiten. Einschränkungen sind bei einem zu farbenfrohen Bildschirm zu machen. Die Kennzeichnung jedes Auftrags durch eine andere Farbe oder durch ein anderes Muster geht sehr schnell zu Lasten der Übersichtlichkeit der Gesamtdarstellung.

Die *Bedienungslogik* entspricht der menschlichen Logik. Leitstände unterstützen die von der Plantafel gewohnte objektorientierte Denkweise des Benutzers durch Manipulation der Aufträge und Arbeitsgänge mit der Maus.

Mehr oder weniger umfangreiche *Plausibilitätsprüfungen* sichern die Konsistenz der Eingaben und weisen den Bediener auf Fehler hin. Dabei ist zwischen zwei Konzepten zu unterscheiden. Bei den meisten Systemen werden *starre* Plausibilitätsregeln eingesetzt, deren Einhaltung zwingend ist. Seltener werden *flexible* Plausibilitätsregeln eingesetzt, die den Benutzer auf Fehler hinweisen, aber ein Verletzen der Plausibilitätsregel zulassen. Dabei wird sinnvollerweise der Intelligenz des Benutzers Vorrang vor der Intelligenz des EDV-Systems eingeräumt, das in seinen Re-

## Kapazitätsbelastungsübersicht

vom 04.02.89 8:00 bis 05.02.89 8:00



Kapazität



Belastung

IWi

Schematische Darstellung einer  
Kapazitätsbelastungsübersicht

Abb. 7



geln nicht auf alle in der Fertigung möglichen Situationen abgestimmt sein kann.

Die *Anforderungen an die Merkfähigkeit* des Bedieners sind bei Leitständen mit einer Standardoberfläche sehr niedrig. Es müssen keine Befehlssequenzen auswendig gelernt werden, weil die Alternativen bei jeder Handlung explizit angegeben sind. Hier bestehen allerdings Unterschiede zwischen den einzelnen Leitständen, da ein Teil nicht über eine hochentwickelte Oberfläche verfügt.

Die *Komplexität der Transaktionen*, die mit einem Leitstand ausgeführt werden, ist recht niedrig. Grundsätzlich sind drei Gruppen von Transaktionen zu unterscheiden: Die erste Gruppe umfasst die Einstellung von Parametern für die automatische Unterstützung. Die zweite Gruppe von Transaktionen umfasst die Manipulationen an der Plantafel. Diese Transaktionen sind aufgrund der Mausunterstützung einfach. Die dritte Gruppe von Transaktionen enthält die Datenpflege. Hierzu sind die Rückmeldungen, die Meldungen von Störungen und die Pflege der Stammdaten zu zählen. Zur Pflege der Stammdaten gehört z.B. auch die Veränderung der Schichtmodelle. Diese dritte Gruppe bedarf am ehesten eines höheren Einarbeitungsaufwandes, weil hierbei Betriebsspezifika zu beachten sind.

Insgesamt ist die Bedienerfreundlichkeit von Leitständen deshalb sehr hoch. Die Bedienerfreundlichkeit steigt mit der Anwendung einer Standardoberfläche. Leitstände benötigen aus diesen Gründen kein EDV-technisch besonders qualifiziertes Personal zur Bedienung.

## 5. Integration

Leitstände sind dedizierte EDV-Systeme. Sie können deshalb prinzipiell auch ohne Verbindung zu anderen EDV-Systemen arbeiten. Das ist zwar nicht die Regel, es ist aber von Vorteil für den Einsatz bei Unternehmen, die erst über eine geringe EDV-Unterstützung verfügen, und für den Testbetrieb. Ein Leitstand kann so in der Anwendung getestet werden, auch ohne zuerst eine Anbindung an ein übergeordnetes PPS-System realisieren zu müssen.

Für den Einsatz in der Fertigung werden aber immer Kopplungen zu anderen EDV-Systemen realisiert. Dies kann auch schrittweise geschehen, was die sofort notwendigen Umstellungen in der Fertigung bei der Einführung begrenzt.

### a) Schnittstelle zum PPS-System

Alle Leitstände sehen Schnittstellen zu bestimmten PPS-Systemen vor und bieten die Entwicklung von Schnittstellen für andere Systeme an.

Das PPS-System übergibt die Aufträge bzw. Arbeitsgänge grob terminiert an den Leitstand. Das PPS-System versieht sie dazu mit einem frühesten



Start- und einem spätesten Endtermin. Innerhalb dieser Spanne soll der Leitstand das Planungsobjekt exakt terminieren. Es ist auch möglich, daß das PPS-System exakt terminierte Aufträge bzw. Arbeitsgänge vorgibt, z.B. bei Eilaufträgen.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten der *Datenübergabe*: Entweder werden die vollständigen Daten eines Planungsobjektes mit allen zugehörigen Arbeitsplandaten an den Leitstand übergeben, oder es werden lediglich Kopfdaten vom PPS-System an den Leitstand transferiert. Bisher scheinen alle Leitstände das erste Verfahren zu verwenden. Im zweiten Fall müssen am Leitstand dann die Arbeitsplandaten hinzugefügt werden. Dadurch wird es möglich, Funktionen der Arbeitsvorbereitung zurück in die Fertigung zu verlagern. Besonders bei Fertigungsinseln ist dies sinnvoll.

Durch die Verbindung zum PPS-System wird eine *Verringerung des Belegflusses* zwischen dem PPS-System und der Fertigung erreicht. Bisher werden die Auftragspapiere in einer großen Zahl von Unternehmen noch zentral gedruckt. Die Einführung eines Leitstandes hat dann eine Verringerung der Übergangszeiten zur Folge, die für den Druck und den Transport der Auftragspapiere notwendig sind. Auch wenn die Auftragspapiere heute schon dezentral gedruckt werden, hat ein Leitstand den Vorteil, daß die Quote falsch abgelegter und verschwundener Auftragspapiere sinkt. Die Überschwemmung der Fertigung mit vom PPS-System freigegebenen Aufträgen führt nicht mehr zu einem Verlust der Übersicht in der Fertigung. Die Übersicht über die vom PPS-System freigegebenen Aufträge wird dadurch erst mit einem Leitstand wirklich möglich.

Die Verbindung zwischen Leitstand und PPS-System ist nicht einseitig. Der Leitstand meldet fertiggestellte Aufträge, Meilensteine und voraussichtlich längerwährende Störungen einzelner Betriebsmittel an das PPS-System. Die Meilensteine versetzen das PPS-System in die Lage, die eigene Planung mit dem Fortschritt in der Fertigung abzugleichen und realitätsnaher zu planen. Auch dadurch wird eine Verbesserung des Kommunikationsflusses zwischen Produktionsplanung und -steuerung und der Fertigung erzielt.

## b) Schnittstelle zur BDE

Eine zweite Integrationsrichtung ist die Kopplung des Leitstandes mit der Betriebsdatenerfassung. Auch hier gilt, daß ein Leitstand nicht unbedingt auf den Einsatz eines BDE-Systems oder eine Verbindung zu diesem angewiesen ist.

Die Betriebsdatenerfassung kann den Leitstand mit unterschiedlichen Informationen versorgen:

Zum einen kann die Betriebsdatenerfassung den Auftragsfortschritt festhalten. Dazu kann die *Rückmeldung* der Arbeitsgänge über BDE-Terminals erfolgen. Die Werker melden die Fertigstellung eines Arbeitsganges

über ein BDE-Terminal. Die Frage der Lohnauszahlung muß dann von dem Zeitpunkt der Rückmeldung entkoppelt werden. Ohne eine Entkopplung von Lohndatenverarbeitung und Produktionsdatenverarbeitung wird eine pünktliche Rückmeldung über die BDE kaum zu erreichen sein.

Es ist aber auch möglich, die Rückmeldung direkt am Leitstand durchzuführen. Die Belege werden gesammelt und z.B. über einen Barcodeleser eingegeben. Dies muß vor jedem Planungslauf geschehen. Nachteilig ist, daß in diesem Fall der Auftragsfortschritt nicht ständig aktuell am Leitstand dargestellt ist. Dadurch ist es dem Disponenten nicht möglich, die Entwicklung in der Fertigung am Leitstand zu überblicken und Situationen zu erkennen, bei denen ein Eingreifen notwendig ist. Das ist allerdings umso weniger schwerwiegend, je übersichtlicher die Fertigungssituation ist.

Eine zweite Funktion der BDE besteht in der Meldung von *Störungen* an den Leitstand. Eine Störung wird zum Beispiel durch einen rot gefärbten Balken auf dem Bildschirm angezeigt. Bei manchen Leitständen ist die Erzeugung eines akustischen Signals möglich, das auf die Störung aufmerksam macht. Auch hier ist bei allen Leitständen eine Eingabe unmittelbar am Leitstand möglich.

Ein Leitstand kann darüber hinaus verwendet werden, um eine ganze Reihe von Betriebsdaten für *Auskunfts- und Statistikfunktionen* zu erfassen. Es zeichnet sich die Tendenz ab, daß die BDE-Funktionen sukzessive ausgebaut werden. Schließlich kann ein Leitstand die zentrale Speicherung von Betriebsdaten übernehmen und sie von dort aus anderen Systemen zur Verfügung stellen.

Aus Absatzgesichtspunkten sind Leitstände sehr offen für BDE-Geräte verschiedener Hersteller und Standards konzipiert. Dadurch eignet sich ein Leitstand als *Integrationsmedium* für die BDE-Systeme in der Fertigung. Dieser Effekt wird durch die Verbindung eines Leitstandes zu den anderen EDV-Systemen in der Fertigung noch verstärkt.

### c) Schnittstellen zu anderen EDV-Systemen

Neben der BDE- und der PPS-Schnittstelle ist bei manchen Leitständen auch eine *Kopplung zu DNC-Systemen* möglich. Diese Verbindung ist in der Regel jedoch nur gering ausgebaut und muß anwenderspezifisch implementiert werden. Meist verwaltet ein Leitstand nicht mehr als die Nummer und den Status eines NC-Programmes. Für die Veranlassung erfolgt z.B. eine Übergabe der Nummer eines NC-Programmes an das DNC-System. Das DNC-System beschafft dann dieses NC-Programm. Entweder lädt das DNC-System darauf das NC-Programm selbsttätig auf die entsprechende NC-Maschine, oder der Bediener der NC-Maschine ruft das Programm vom DNC-System ab.

Bei manchen Leitständen ist eine Verfügbarkeitsprüfung für NC-Programme möglich.

In der Regel bestehen keine Verbindungen zu eventuell vorhandenen Materialflußsteuerungssystemen und zu Werkzeug- und Lagerverwaltungssystemen. Auch hier sind jedoch von Fall zu Fall Individuallösungen möglich.

### III. Einsatzbeispiel

Im folgenden wird anhand eines Bedienungsablaufs an einem Leitstand dargestellt, wie ein typischer Einsatz eines Leitstandes in einem Unternehmen erfolgen kann:

Zu Beginn einer Schicht plant der Disponent mit dem Leitstand die Belegung für die nächste Schicht. Dazu werden zunächst die Rückmeldungen der fertiggemeldeten Arbeitsgänge am Leitstand eingegeben, falls dies nicht schon über die BDE geschehen ist. Die Rückmeldedaten der Aufträge werden vom Leitstand an das PPS-System weitergegeben. Dabei achtet der Disponent auf zu weit in der Vergangenheit liegende, noch nicht fertiggemeldete Arbeitsgänge. Er forscht nach der Ursache der Verzögerung.

Der Disponent prüft, ob Störungen an einzelnen Betriebsmitteln vorhanden sind oder andauern, und aktualisiert diese falls nötig.

Er überprüft die neuen, vom PPS-System für einen Horizont von z.B. einer Woche übergebenen Aufträge. Dabei begutachtet er die einzelnen Aufträge und informiert sich über eventuelle Besonderheiten. Er stellt fest, ob bestimmte Aufträge besonders viel Ressourcen benötigen, oder ob Eilaufträge durchgeführt werden müssen. Aufträge, die besonders wichtig sind, ordnet er bereits vorläufig einer Maschine zu einem weiter in der Zukunft liegenden Zeitpunkt zu, auch wenn die eigentliche Planung noch nicht bis dorthin erfolgen wird.

Mit Hilfe der Kapazitätsbelastungsübersicht überprüft er, ob daraus auf einzelnen Maschinen besondere Überbelastungen auftreten. U.U. läßt er alle Aufträge nach einer Vor- oder Rückwärtsterminierung simulativ einplanen, um abzuschätzen, wo Kapazitätsengpässe innerhalb der nächsten Woche entstehen könnten.

Im nächsten Schritt wendet er sich der eigentlichen Planung z.B. der nächsten beiden Schichten zu: Dazu plant er aus dem Auftragspool ihm wichtig erscheinende Arbeitsgänge auf einzelnen Maschinen automatisch ein. Er klickt diese Arbeitsgänge im Auftragspool an. Er prüft, ob er an einzelnen Betriebsmittelgruppen Verbesserungen durch Splitten oder Rafften erhalten kann. Nötigenfalls plant er Überstunden ein, indem er ein Schichtmodell kurzfristig verändert, um die Kapazität einer Maschine dem Kapazitätsbedarf anzupassen.

Nach Bedarf setzt er gezielt an einzelnen Betriebsmittelgruppen Algorithmen ein, um die Reihenfolge nach betriebspezifischen Kriterien zu

verbessern oder Vorschläge für ein günstiges Splitting oder überlapptes Fertigen zu erhalten.

Wenn die Planung für diesen Zeithorizont erfolgt ist, läßt er die Arbeitspapiere drucken. Sie werden dann den jeweiligen Mitarbeitern zugeteilt. Eine Veranlassung kann auch durch die BDE erfolgen.

Diese Arbeiten mit dem Leitstand sind in der Regel in weniger als einer Stunde pro Schicht durchführbar.

Ist der Leitstand mit einer BDE verbunden, so überwacht der Disponent den Auftragsfortschritt während der gesamten Schicht am Leitstand zeitaktuell. Wenn einzelne zeitkritische Arbeitsgänge verzögert werden, führt der Disponent vom Leitstand aus entsprechende Maßnahmen durch.

Auf Störungen kann der Disponent sofort reagieren. Je nach Leitstand und Verbindung zur BDE wird ihm eine Störung akustisch und/oder grafisch angezeigt, bei fehlender Anbindung an die BDE muß er eine Störung selbst eingeben. Er erkennt, welche Aufträge und Arbeitsgänge von der Störung betroffen sind und kann die Folgen der Störung abschätzen. Wenn zeitkritische Aufträge von der Störung betroffen sind, so wird er eine sofortige Umplanung durchführen. Dazu ordnet er die entsprechenden Arbeitsgänge anderen Maschinen zu, indem durch Verschieben schon geplanter Arbeitsgänge, die noch nicht freigegeben sind, freie Kapazitäten geschaffen werden.

#### **IV. Zusammenfassung**

Der Bereich der kurzfristigen Planung wird derzeit von PPS-Systemen nur unzureichend unterstützt. Die Qualität der kurzfristigen Planung ist aber entscheidend für die Flexibilität in der Fertigung, für die Einhaltung von Lieferterminen, die Verringerung der Durchlaufzeit und der Bestände und für die Nutzung neuer Organisationsstrukturen.

Leitstände ermöglichen die Maschinenbelegungsplanung; für andere Planungskomponenten sind höchstens Verfügbarkeitsprüfungen möglich. Leitstände bieten meist Heuristiken zur automatischen Planung an; diese sind aus systematischen Gründen aber nicht sehr leistungsfähig. Deshalb liegt das Schwergewicht auf der interaktiven Planung, bei der Heuristiken gezielt zur Unterstützung eingesetzt werden können.

Leitstände lassen sich sowohl für eine zentrale als auch für eine dezentrale Fertigungssteuerung einsetzen. Sie können auch in einer Fertigungsinselstruktur eingesetzt werden, sofern sie den Netzzusammenhang unterstützen. Für den dezentralen Einsatz von Leitständen ist eine Funktion zur bereichsübergreifenden Koordinierung der Fertigungsprozesse notwendig.

Die Oberfläche von Leitständen ist sehr benutzerfreundlich. Als primäres Eingabemedium wird eine Maus verwendet, als Ausgabemedium ein Graphikbildschirm. Manche Leitstände verfügen darüber hinaus über einen Textbildschirm. Am benutzerfreundlichsten sind die Leitstände mit einer Standardoberfläche.

Leitstände verfügen über Schnittstellen zum PPS-System und meist zur BDE. DNC-Funktionen unterstützen sie nur rudimentär. Leitstände bieten durch die Flexibilität ihres Einsatzes und durch ihre Benutzerfreundlichkeit die Möglichkeit, als Informationsknotenpunkt in der Fertigung zu fungieren, um den herum sich eine CIM-Struktur entwickeln läßt.

## Literatur

- Friedrichs, P., Gromotka, W.: Fertigungsleitsysteme. In: VDI-Zeitschrift 131 Nr. 11, August 1989, S. 97-105.
- Hackstein, R., Strack, M.: Organisation und Effizienz der Werkstattsteuerung. In: Fortschrittliche Betriebsführung/Industrial Engineering 36 Nr. 2, 1987, S. 76-82.
- Herterich, R., Zell, M.: Dezentrale Fertigungssteuerung. In: VDI-Zeitschrift 131 Nr. 5, Mai 1989, S. 19-26.
- Loos, P.; Ruffing, T.: Verteilte Produktionsplanung und -steuerung unter Einsatz von Mikrocomputern. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 52, 1986.
- Müller-Merbach, H.: Operations Research. 2. Auflage, München 1971.
- Scheer, A.-W.: CIM - Der computergesteuerte Industriebetrieb. Springer-Verlag, 3. Auflage 1988, Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo.
- Scheer, A.-W.: Neue Architektur für EDV-Systeme zur Produktionsplanung und -steuerung. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 53, 1986.
- Strack, M.: Elektronische Leitstände - Ein Thema für den Mittelstand? In Scheer, A.-W. (Hrsg.): CIM im Mittelstand, Fachtagung Saarbrücken 24.-25.2.1989, S. 29-46.
- Wiendahl, H.-P., Lüssenhop, T.: Wirkung von Prioritätsregeln. In: VDI-Zeitschrift 131 Nr. 1, Januar 1989, S. 36-41.
- Zell, M., Kern, S.: Graphikeinsatz in der Produktionsplanung und -steuerung, In Gesellschaft für Informatik (GI) e.V. Fachausschuß Informatik in Produktion und Materialwirtschaft (Hrsg.): Neue Entwicklungen zur graphischen Unterstützung im Produktionsbereich. Tagungsprotokoll vom 8.12.88., S. 2-27.

Christoph Köhler\*

## **NUTZUNGSFORMEN ELEKTRONISCHER LEITSTÄNDE - ERGEBNISSE EINER ANBIETERBEFRAGUNG -**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Einleitung</b>  | 81  |
| <b>I. Entwicklungslinien der Fertigungssteuerung</b>   | 81  |
| <b>II. Elektronische Leitstände im praktischen Einsatz</b>   | 86  |
| 1. Die Fertigungsumgebung  | 86  |
| 2. Funktionsteilung zwischen Produktions-<br>planung, Fertigungssteuerung und<br>elektronischem Leitstand        | 88  |
| 3. Funktionen der elektronischen Leitstände  | 90  |
| 4. Organisatorische Einbindung elektronischer<br>Leitstände - zentral oder dezentral?                            | 92  |
| <b>III. Einsatzkonzeptionen elektronischer Leitstände und<br/>Dispositionsspielräume der Produktionsarbeiter</b> | 94  |
| 1. Die Beteiligung der Produktionsarbeiter<br>am Steuerungsprozeß  | 94  |
| 2. Die Überwachung des Auftragsfortschritts  | 95  |
| <b>IV. Entwicklungstendenzen</b>   | 97  |
| <b>Literatur</b>   | 100 |

---

\* Dr. Christoph Köhler ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. (ISF) München. Eine Kurzfassung dieses Beitrags ist erschienen in VDI-Z 132 (1990), Nr. 3, S. 14-19.





## Einleitung

Seit einigen Jahren drängen neue Instrumente der Fertigungssteuerung auf den Markt: Elektronische Leitstände mit einer an den klassischen Plantafeln orientierten, benutzerfreundlichen grafischen Oberfläche, mit interaktiven Planungskonzepten und eigener Datenbasis auf PC oder Workstation.<sup>1</sup> Sie zeichnen sich - ähnlich wie ihre konventionellen Vorgänger - durch ein hohes Maß an Offenheit sowohl hinsichtlich der Einsatzbereiche als auch der technischen und organisatorischen Einbindung in betriebliche Strukturen aus. Aufgrund ihrer Benutzerfreundlichkeit gelten sie als hervorragendes Mittel zur Mobilisierung des Erfahrungswissens von Meistern, Gruppenführern und Produktionsarbeitern.

Im folgenden wird zunächst der Versuch unternommen, elektronische Leitstände von anderen Systemen der Fertigungssteuerung abzugrenzen. Sodann werden Ergebnisse einer Hersteller- bzw. Anbieterbefragung zum Einsatz dieser neuen Instrumente präsentiert. Abschließend geht es um die weiteren Entwicklungsperspektiven und um die Bewertung unterschiedlicher Konzeptionen der Nutzung dieser Techniklinie.<sup>2</sup>

Empirische Basis der folgenden Ausführungen sind mehrere Quellen:

- o Expertengespräche mit fünf Anbietern elektronischer Leitstände;
- o ein Expertisenauftrag an das IWI-Saarbrücken (vgl. Hars, Scheer in diesem Band) zur Frage der technischen Merkmale marktgängiger Systeme und ihrer Eignung für unterschiedliche Einsatzformen;
- o eine postalische Umfrage bei den zum Zeitpunkt der Erhebung (Juni 1989) bekannten elf Anbietern elektronischer Leitstände.

Diese Befunde werden vor dem Hintergrund eigener Fallstudien zum PPS-Einsatz in etwa 20 Betrieben des Maschinenbaus interpretiert, die im Rahmen unseres Forschungsvorhabens in den Jahren 1987 bis 1990 durchgeführt worden sind (vgl. Hirsch-Kreinsen u.a. 1990).

## I. Entwicklungslinien der Fertigungssteuerung

Die Fertigungssteuerung bildete lange Zeit - im Vergleich zur Produktions- und Fertigungsplanung - eine Schwachstelle gängiger PPS-Systeme. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Fertigung kleiner bis mittlerer Serien mit einem hohen Anteil nicht planbarer Störungen und kurzfristiger

<sup>1</sup> Eine genaue Definition elektronischer Leitstände findet sich im voranstehenden Beitrag von Hars, Scheer in diesem Band. Hier wie auch im folgenden orientieren wir uns an dieser Darstellung.

<sup>2</sup> Vgl. hierzu wie auch als Hintergrund der folgenden Ausführungen das sozialwissenschaftliche Standardwerk zur Fertigungssteuerung im Maschinenbau (Manske 1990). Zu den Organisationsformen der Fertigungssteuerung vgl. insb. Strack 1986, Jenuwein 1988, Schultz-Wild u.a. 1989, S. 171 ff.

Umdispositionen. Bis in die 80er Jahre hinein weist die Mehrzahl der angebotenen PPS-Fertigungssteuerungsmodule u.a. zwei Probleme auf:

- o Zum einen können die riesigen Datenmengen aufgrund hard- und softwaretechnischer Restriktionen nur im wöchentlichen Stapellauf verarbeitet werden. Die umfangreichen Belegungslisten veralten häufig innerhalb weniger Stunden.
- o Zum anderen liegt das Schwergewicht der Planungsverfahren für den Kapazitätsabgleich und für die Reihenfolgebildung an Kapazitätseinheiten auf nicht ad hoc im Dialog veränderbaren Algorithmen. Laufende Veränderungen von Kapazitäten, Belastungen und Prioritäten können nicht berücksichtigt werden.

Die Leistungsfähigkeit von PPS-Systemen und -Modulen dieses Typs wurden weit überschätzt. Sie wurden mit ihrer deterministischen Reihenfolgeplanung zur Fertigungssteuerung eingesetzt und haben - zumindest in der Einzel-, Klein- und Mittelserienfertigung des Maschinenbaus - großes Unheil angerichtet (Manske 1990; Pabst 1985; Hildebrandt, Seltz 1989). Häufig wurden diese Systeme erst nach langen und qualvollen Erfahrungen "entschärft": Teilweise blieben die Feinplanungsmodule ungenutzt, teilweise dienten die wöchentlich erstellten Maschinenbelegungslisten nur noch als grobe Orientierung zum Wochenbeginn, im Extremfall wurde - wie es der Leiter eines PPS-geschädigten Unternehmens formulierte - "der Stecker 'rausgezogen".

Leistungssteigerung und Preissenkung der Hardware und die Weiter- und Neuentwicklung von Softwarekomponenten haben in den letzten zehn Jahren zu einem Innovationsschub bei PPS-Systemen geführt. Ein Ergebnis ist die Ausdifferenzierung der Systemarchitektur in drei Ebenen: die *Produktionsplanung* (von der Vertriebsplanung bis zur Auftragsfreigabe), die *dispositive Fertigungssteuerung* (von der Auftragsfreigabe bis zur Maschinenbelegungsplanung) und die *operative Fertigungssteuerung* (Plananpassung, Veranlassung bis Betriebsdatenerfassung).

In der dispositiven und operativen Fertigungssteuerung sind rasante Veränderungen zu beobachten. Während noch vor wenigen Jahren etwa im Maschinenbau der wöchentliche Stapellauf die absolute Grenze der PPS-Systeme bildete, ist der tägliche Stapellauf mit hoher Planungsgenauigkeit bei den modernen Systemen kein technisches und wirtschaftliches Problem mehr (Schultz-Wild u.a. 1989, S. 111 ff.). Voraussetzung dafür ist eine höhere Genauigkeit der Auftragsfortschrittserfassung, die in der Regel über BDE-Systeme erreicht wird.

Vom Ausgangspunkt der Entwicklung her gesehen lassen sich heute vier Techniklinien moderner Fertigungssteuerungssysteme unterscheiden (vgl. Friedrichs, Gromotka 1989):

- o Die Anbieter von PPS-Systemen waren darum bemüht, die Feinplanungsmodule ihrer Produkte zu verbessern, indem sie durch Bildung kleinerer Regelkreise den informationstechnischen Aufwand von Pla-

nungsläufen verringerten und die Dialogfähigkeit zur Anpassung der Planung an die Turbulenzen der Werkstatt verbesserten.

- o Alternativ dazu wurden in Zusammenarbeit zwischen PPS-Anbietern und Hochschulinstituten eigenständige Systeme der Fertigungssteuerung mit großer funktionaler Reichweite entwickelt, die heute sowohl als Bestandteil von PPS-Systemen als auch als eigenständige Produkte auf den Markt kommen.
- o Ein weiterer Ansatzpunkt für die Entwicklung von Fertigungssteuerungssystemen war die Betriebsdatenerfassung. Sie wurde zunächst für die Auftragsfortschrittserfassung konzipiert und bestand aus Hardware-Elementen (Eingabetastaturen, Magnetstreifenleser etc.) mit funktional eingeschränkter Software. Diese Produkte wurden sukzessive zu Informationssystemen ausgebaut. Ihre Weiterentwicklung für Planungs- und Steuerungsaufgaben lag nahe.
- o Schließlich wurden die sog. elektronischen Plantafeln oder Leitstände entwickelt. Ausgangspunkt war die klassische Plantafel, die sich jahrzehntelang in vielen Einsatzfeldern (auch in der Fertigungssteuerung des Maschinenbaus) sehr bewährt hatte. Die Entwicklung der Hardware (billigere und schnellere Rechner) und Software (z.B. grafisch-interaktive Oberflächen, Fenstertechnik) ermöglichte die Übernahme und Weiterentwicklung dieses Konzeptes für Rechner.

Diese Linien der Technikentwicklung unterscheiden sich nicht nur nach dem Entstehungszusammenhang, sondern weisen auch heute als marktfähige Produkte - neben gemeinsamen Merkmalen - erhebliche Differenzen in der eingesetzten Hardware, im Funktionsumfang der Software, im Automatisierungsniveau der Planungsläufe und in der Bedienoberfläche auf (Friedrichs, Gromotka 1989; Strack 1989; Schallock 1989).

Die ersten drei nicht an der Plantafel orientierten Techniklinien sind auf große Dispositionsbereiche ausgelegt:

- o Die PPS-Systeme mit ausgebauten Fertigungssteuerungsmodulen laufen in der Regel auf Großrechnern, während die eigenständigen Fertigungssteuerungssysteme und erweiterten BDE-Systeme überwiegend auf "Midi-Rechnern" (z.B. DEC VAX und aufwärts) implementiert werden.
- o Der Funktionsumfang umfaßt häufig alle Bereiche der Fertigungssteuerung, von der Auftragsfeinplanung über die Material- und Personalbedarfsplanung, Werkzeug- und Betriebsmittelverwaltung bis hin zur Betriebsdatenerfassung und zum DNC-Betrieb.
- o Das Automatisierungsniveau der planenden und steuernden Funktionen ist hoch. So werden in allen Funktionsbereichen voll- oder teilautomatische Routinen angeboten. Sie reichen von der maschinellen Erstellung von Listen bis hin zu Suchläufen mit mehreren Parametern und zur automatischen Arbeitsgangterminierung.

- o Die Bedienoberfläche ist am Vollzeitdisponenten orientiert und für die Darstellung großer Planungseinheiten ausgelegt. Die Entwicklung objektorientierter Darstellungsweisen und grafisch-interaktiver Planungsmethoden stand nicht im Vordergrund. Trotz erheblicher Verbesserungen reicht die Bedienfreundlichkeit noch nicht an die der elektronischen Leitstände heran.

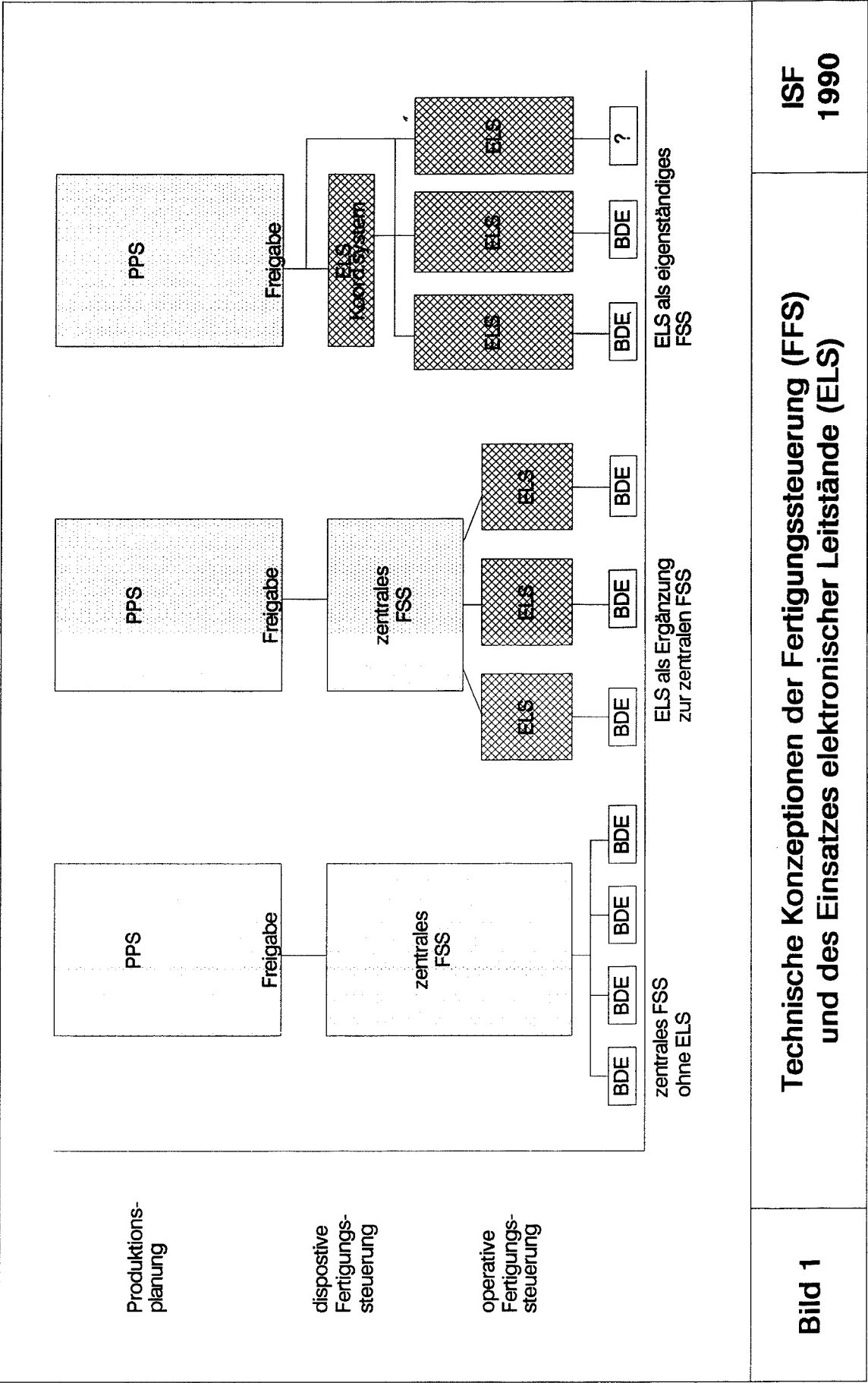
Diese Techniklinien eignen sich aufgrund der genannten Merkmale vor allem für die Organisationsformen der zentralen Fertigungssteuerung (meistereiübergreifender Einsatz) und werden daher im folgenden als *zentrale Fertigungssteuerungssysteme* bezeichnet. Der realisierte Funktionsumfang und das angebotene Automatisierungsniveau können nur in der Planung größerer Dispositionsbereiche voll genutzt werden. Funktionskomplexität und Bedienoberfläche verlangen Vollzeitdisponenten. Auch die Kosten der Hard- und Softwareausstattung (häufig über 200.000,-- DM) rechnen sich zumeist erst bei organisatorisch zentraler Nutzung.

Die *elektronischen Leitstände* sind dagegen für kleinere bis mittelgroße Dispositionsbereiche ausgelegt. Sie wurden zunächst auf AT-Personalcomputern implementiert und werden zunehmend auf Workstations eingesetzt. Der Funktionsumfang und die Datenhaltung werden sukzessive ausgebaut, reichen aber noch nicht an die anderen Techniklinien heran. Auch Planungsalgorithmen werden angeboten, wobei das Schwergewicht jedoch nach wie vor auf der Interaktion Mensch/Maschine liegt. Die Bedienoberfläche ist äußerst komfortabel und auch für "Teilzeitdisponenten", also Meister, Gruppenführer und Produktionsarbeiter, zugänglich.

Die elektronischen Leitstände sind technisch und ökonomisch mit unterschiedlichen Organisationsformen der Fertigungssteuerung kompatibel; sie können daher auch als *organisationsoffene Techniklinie* bezeichnet werden. Sie eignen sich sowohl für Formen der zentralen als auch der dezentralen Fertigungssteuerung. Bei der zentralen Fertigungssteuerung scheint beim gegenwärtigen Stand eine Obergrenze von etwa 200 Arbeitsplätzen, also eine Bereichssteuerung für einige Meistereien, als sinnvoll angesehen zu werden. Bei der dezentralen Steuerung werden die elektronischen Leitstände als Hilfsmittel des Meisters, etwa bei Werkstattfertigung, oder als Planungsinstrument für teilautonome Arbeitsgruppen in Fertigungsinseln eingesetzt.

Betrachtet man die Verteilung von Daten und Funktionen auf die verschiedenen PPS-Ebenen, so lassen sich heute drei *technische Konzeptionen der Fertigungssteuerung* ausmachen (Bild 1):

- o In der ersten Konzeption dominiert ein *zentrales Fertigungssteuerungssystem* (entweder als PPS-Modul oder als eigenständiges System mit eigener Datenbank). Die zentral errechneten Vorgaben reichen bis an den einzelnen Arbeitsplatz und Arbeitsauftrag.
- o In der zweiten Konzeption werden *Leitstände als Ergänzung* zu einem zentralen Fertigungssteuerungssystem bzw. -modul eingesetzt. Da





die modernen zentralen Systeme eine hohe Planungsfrequenz (täglich) und hohe Planungsgenauigkeit aufweisen, sind die verbleibenden Dispositionsspielräume für den Leitstand relativ gering, es sei denn, daß in Teilbereichen der Produktion systematisch größere Spielräume vorgegeben werden (z.B. für Fertigungsinseln).

- o In der dritten Konzeption werden *elektronische Leitstände als eigenständige Fertigungssteuerungssysteme* eingesetzt. Einige Hersteller arbeiten an einem "Master-Leitstand", der als Koordinationssystem unterhalb der Produktionsplanungsebene fungiert.

Die drei technischen Konzeptionen der Fertigungssteuerung können sich ergänzen: Zentrale Systeme sind in großen Betrieben/Betriebsbereichen mit mittleren bis großen Serien im Einsatz, Leitstände eher bei kleinen Betrieben/Betriebsbereichen mit hoher Prozeßkomplexität. Sie werden jedoch in den Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften auch als Alternativen für eine gegebene Fertigungsumgebung diskutiert (Friedrichs, Gromotka 1989; Herterich, Zell 1989; Schallock 1989).

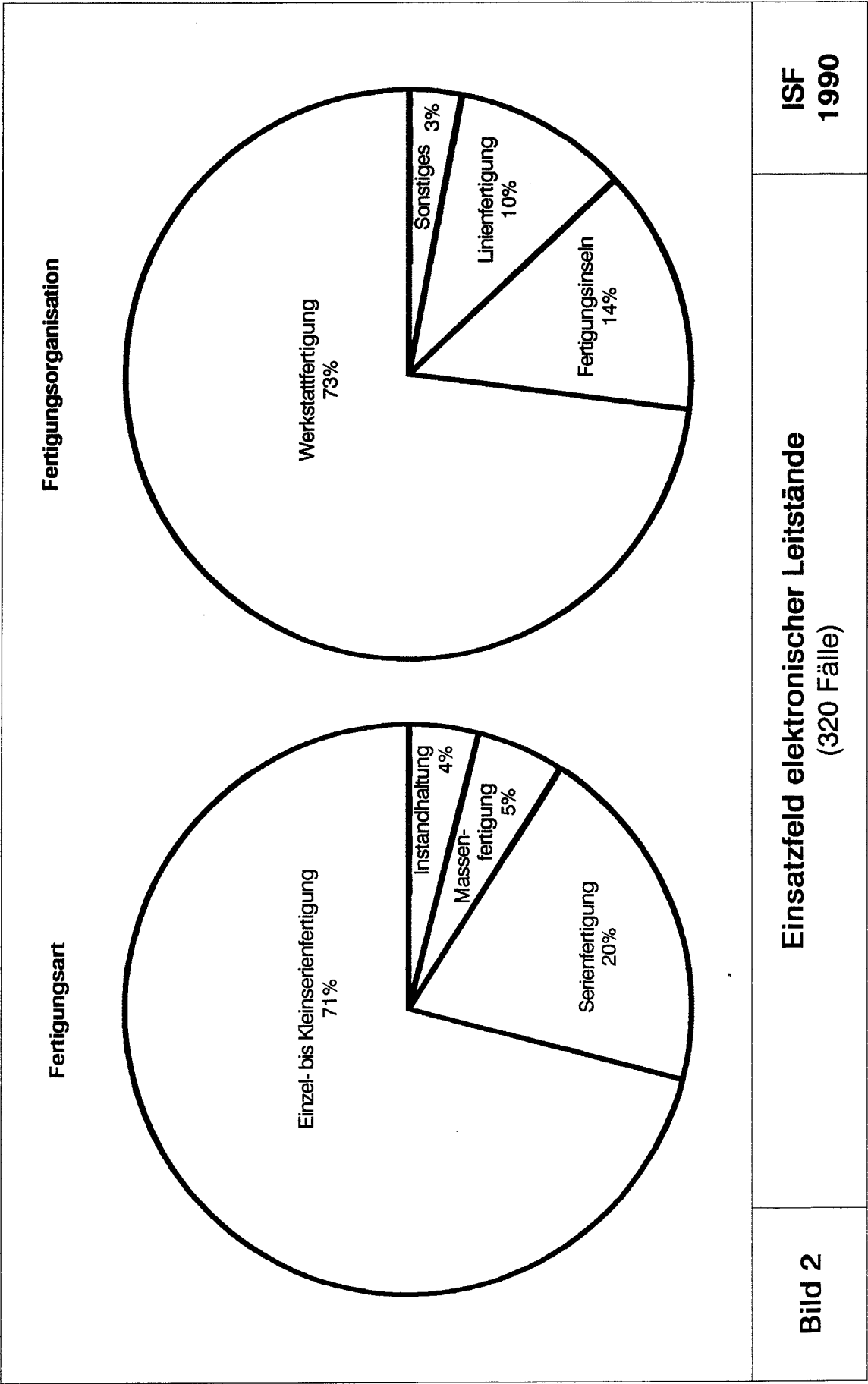
## II. Elektronische Leitstände im praktischen Einsatz

### 1. Die Fertigungsumgebung

Im Sommer 1989 waren nach Aussage von elf zu diesem Zeitpunkt bekannten Herstellern bzw. Anbietern elektronischer Leitstände in der Bundesrepublik Deutschland rund 190 Systeme im Einsatz. Weitere 130 Installationen waren bis zum Jahresende geplant, wobei die Konturen des Einsatzes auf der Basis von Pflichtenheften bereits konkretisiert waren. Die insgesamt bis Ende 1989 realisierten bzw. geplanten Leitstände (rund 320) bilden die Basis der folgenden Auswertungen.

Die 320 Fälle verteilen sich sehr ungleich auf die elf erfaßten Hersteller/Anbieter elektronischer Leitstände. Auf zwei dieser Firmen entfallen ca. drei Viertel der geplanten und realisierten Installationen. Beide Unternehmen sind bereits seit mehreren Jahren auf dem Markt präsent. Die restlichen neun Anbieter haben ihre Produkte in der Regel erst in den Jahren 1988/89 zur Marktreife gebracht und können nur wenige Installationen vorweisen. Die Zahl der für 1989 in Planung befindlichen elektronischen Leitstände weist jedoch auf eine erhebliche Wachstumsdynamik hin, auch wenn eine gewisse Planungsillusion in Rechnung gestellt wird.

Der Schwerpunkt des Einsatzes von elektronischen Leitständen liegt typischerweise im Maschinenbaubetrieb mit Einzel- bis Kleinserienfertigung und Werkstattorganisation (*Bild 2*). Nach der Fertigungsart zeigt sich folgende Verteilung: Mehr als zwei Drittel der erfaßten Leitstände entfällt auf Betriebe mit Einzel- bis Kleinserienfertigung, der Rest verteilt sich auf die Serienfertigung (20%), die Massenfertigung (5%) und andere Bereiche wie z.B. die Instandhaltung (4%). Bei der Fertigungsorganisation ergibt sich folgendes Bild: Werkstattfertigung (73%), Linienfertigung



(10%), Sonstiges (3%); überraschend ist der hohe Anteil der in Fertigungsinseln eingesetzten elektronischen Leitstände (14%). Letzteres verweist auf die wachsende Popularität dieser Organisationsform und auf die Ausstattung dieser Bereiche mit modernem technischem Gerät.

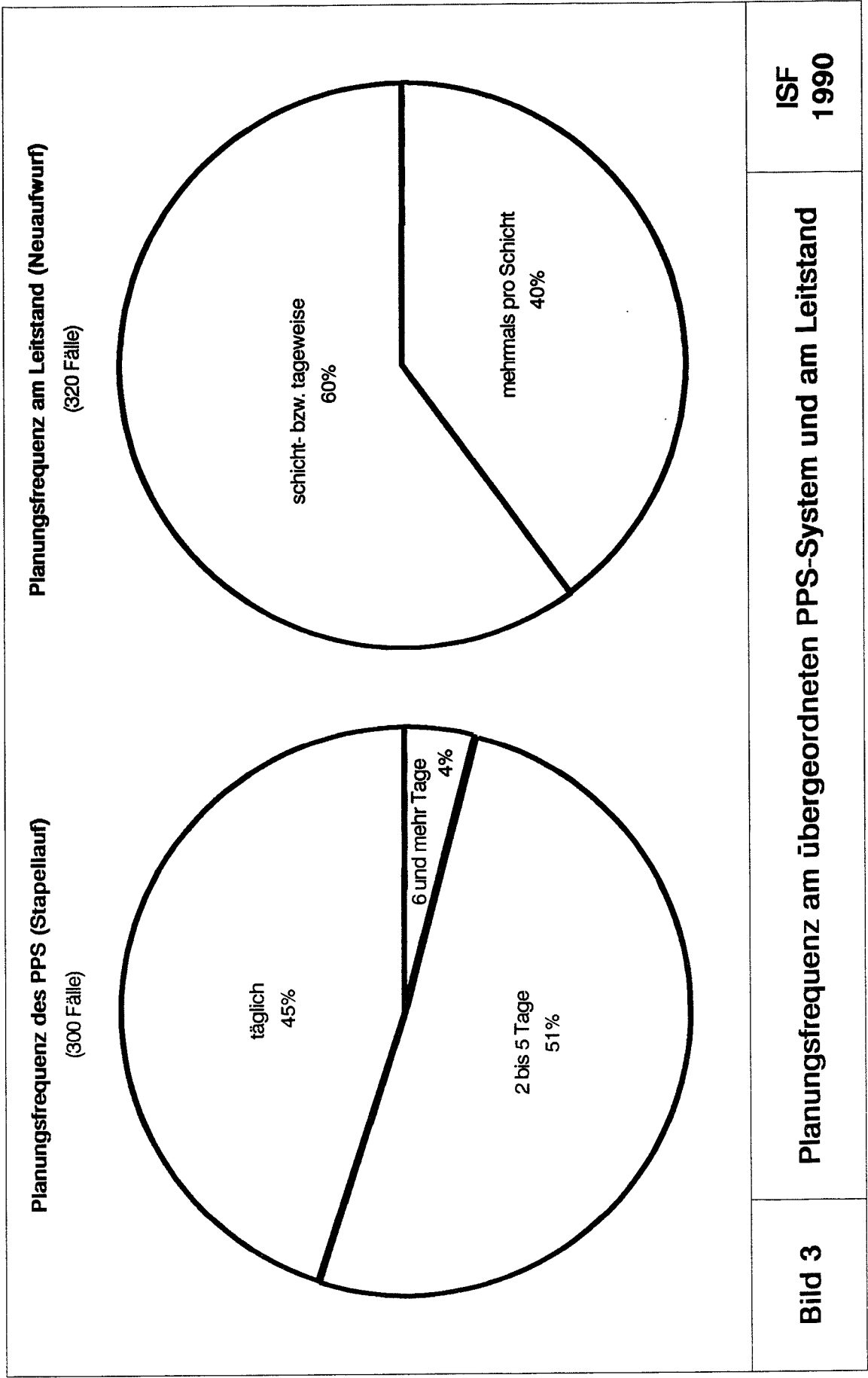
## **2. Funktionsteilung zwischen Produktionsplanung, Fertigungssteuerung und elektronischem Leitstand**

Wie oben ausgeführt, können elektronische Leitstände sowohl unterhalb der Produktionsplanungsebene als eigenständige Fertigungssteuerungssysteme fungieren als auch zur Ergänzung zentraler Fertigungssteuerungssysteme genutzt werden (vgl. *Bild 1*). Auch der Stand-alone-Betrieb ist möglich. Auf diese Kategorie entfallen jedoch nur 4% der Fälle. Dabei handelt es sich zum einen um den Einsatz außerhalb der Fertigung, etwa zur Planung von Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben, und zum anderen um Kleinbetriebe, die nicht über ein PPS-System verfügen und den elektronischen Leitstand gewissermaßen als Rumpf-PPS nutzen. Solche Einsatzformen werden aufgrund der nahezu universellen Anwendbarkeit der angebotenen Planungsverfahren, des günstigen Preis-Leistungs-Verhältnisses und der schrittweisen Implementierbarkeit deutlich zunehmen.

Mehr als 95% der in der Umfrage erfaßten elektronischen Leitstände sind an ein PPS-System angekoppelt. Die Ergebnisse zur Frage nach der Planungsfrequenz (Stapellauf) dieser übergeordneten Systeme können als Hinweis auf den Stellenwert der elektronischen Leitstände im Planungs- und Steuerungssystem insgesamt gesehen werden (*Bild 3*). Von den im Sommer 1989 erfaßten rund 300 Fällen mit PPS-Kopplung war fast die Hälfte (45%) mit übergeordneten Systemen vernetzt, die eine tägliche Planungsfrequenz aufweisen; bei gut der Hälfte (51%) lag der entsprechende Wert bei zwei bis fünf Tagen, und nur in 4% der Fälle machte er sechs und mehr Tage aus.

PPS-Systeme, die täglich eine Feinplanung durchführen (45% der Fälle), erreichen - gemessen an Systemen mit wöchentlichem Batchbetrieb - einen hohen Genauigkeitsgrad. Die Planungsvorgaben können vom grobterminierten Fertigungsauftrag bis zum einzelnen Arbeitsgang reichen. Die in solchen Kontexten eingesetzten elektronischen Leitstände übernehmen in der Regel täglich Arbeitsvorräte und verplanen diese für ihren Einsatzbereich. Bei hoher Detailliertheit und Genauigkeit der Vorgaben werden sie auf die Funktion des Lückenbüßers reduziert (vgl. *Bild 1*). Ihr Dispositionsspielraum ist relativ klein und läßt sich am ehesten dem Funktionskreis der operativen Fertigungssteuerung zuordnen: Planungsvorgaben werden an Veränderungen unterhalb der Planungsfrequenz des übergeordneten Systems angepaßt (z.B. wegen Störungen und Eilaufträgen) und durchgesetzt.

Wenn sich dagegen die Vorgaben der Produktionsplanung und -steuerung mit täglichem Stapellauf auf grobterminierte Aufträge beschränken, kann der Dispositionsspielraum elektronischer Leitstände den gesamten Funktionskreis der Fertigungssteuerung umfassen. Der Leitstand wird zum



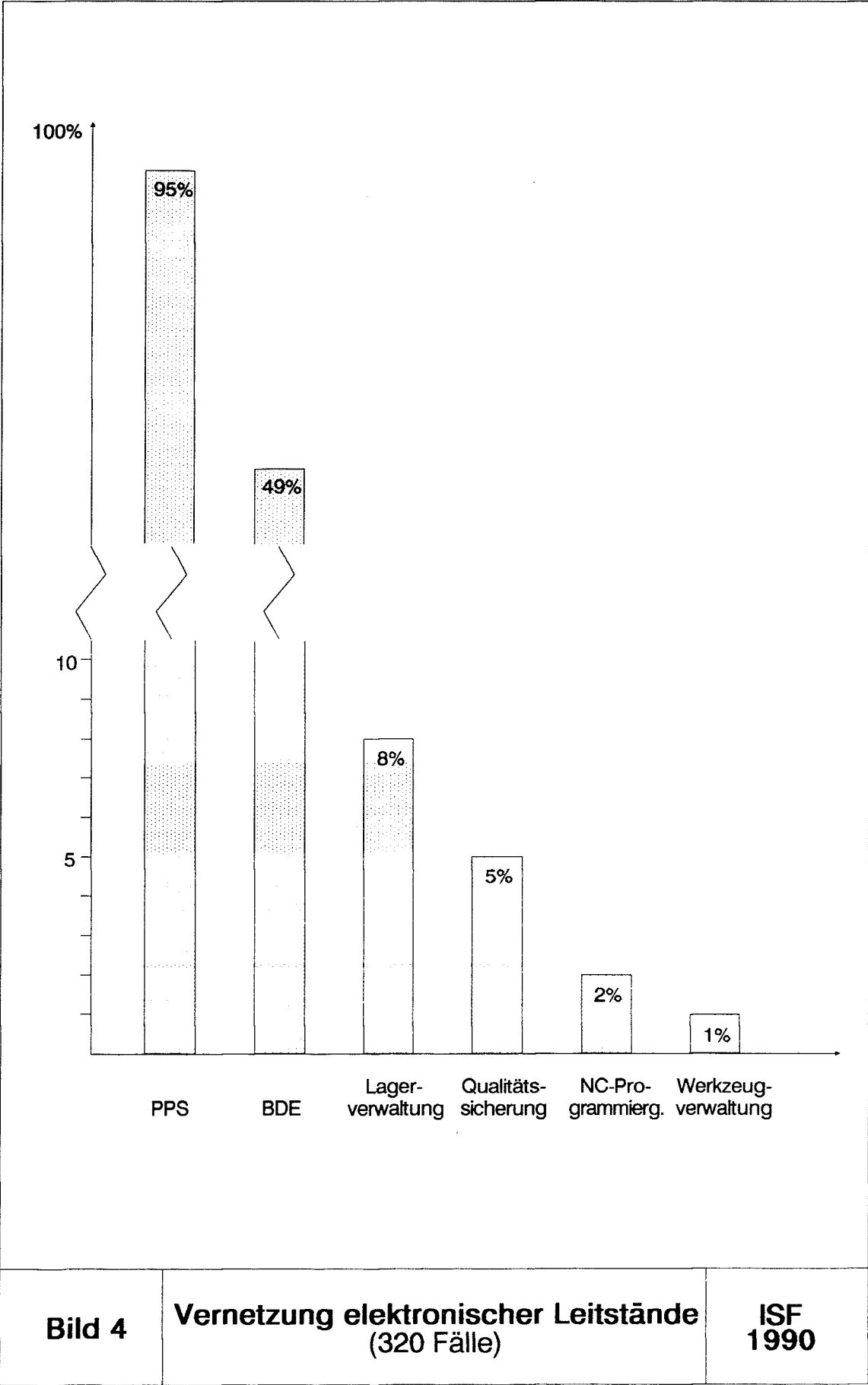
eigenständigen System unterhalb der Produktionsplanungsebene. Dies gilt in der Regel auch für jene Fälle, in denen die übergeordneten Planungssysteme eine Planungsfrequenz von zwei Tagen und mehr aufweisen (55%).

Ein weiterer Indikator für die Funktionsteilung zwischen elektronischen Leitständen und übergeordneten Planungssystemen ist die Art der Vernetzung beider CIM-Komponenten. In etwa der Hälfte der erfaßten Fälle erfolgt der Datentransfer periodisch (file transfer), in der anderen Hälfte ist eine laufende Datenübermittlung von Programm zu Programm möglich. Beim periodischen Datentransfer werden zyklisch Arbeitsvorräte auf den elektronischen Leitstand überspielt und zyklisch Rückmeldungen über den Auftragsfortschritt an die übergeordnete Ebene abgeschickt. Zwischen den Transferzeitpunkten sind die Zugänge versperrt. Bei der laufenden Datenübermittlung besteht eine ständige Verbindung, die sowohl von unten (elektronischer Leitstand) als auch von oben (PPS) genutzt werden kann. Hierbei kann zudem zwischen passiven Zugriffsrechten (reine Informationsfunktion) und aktiven Zugriffsrechten (Information und Manipulation z.B. zur Aktivierung von Aufträgen) unterschieden werden.

Die Stabilität der Einsatzform elektronischer Leitstände als eigenständige Fertigungssteuerungssysteme ist gegenwärtig schwer absehbar und auch in der ingenieurwissenschaftlichen Diskussion umstritten. Einerseits dringen die modernen PPS-Systeme mit ihren ausgebauten Fertigungssteuerungsmodulen massiv in die Betriebe ein und schränken die Dispositionsspielräume auf den unteren Ebenen ein. Andererseits werden die Funktionalität und Informationsverarbeitungskapazität der elektronischen Leitstände gesteigert. Zugleich ist in den Betrieben ein Trend zur Fertigungssegmentierung zu verzeichnen, innerhalb dessen Fertigungsinseln zur Produktion von abgegrenzten Teilefamilien eingesetzt werden. Solche Konzepte basieren auf der Bildung von Teilefamilien, Gruppentechnologie und der Dezentralisierung von dispositiven Funktionen. Elektronische Leitstände mit bedienerfreundlichen, interaktiven Planungsverfahren sind hierfür die geeigneten Instrumente.

### 3. Funktionen der elektronischen Leitstände

Die Funktionsbreite der eingesetzten elektronischen Leitstände ist noch begrenzt (*Bild 4*). Zwar offerieren mittlerweile fast alle Anbieter Schnittstellen zu verschiedenen fertigungsbezogenen Teilsystemen. Diese Schnittstellen werden jedoch in der Praxis bislang wenig genutzt, On-line-Vernetzungen mit anderen Teilsystemen der Werkstatt sind noch selten (Ankoppelung der Lagerverwaltung in 8% der erfaßten Fälle, der Qualitätssicherung in 5%, der NC-Programmverwaltung in 2% und der Werkzeugverwaltung in 1%). Eine Ausnahme bildet die Betriebsdatenerfassung: Schon bei etwa der Hälfte der erfaßten elektronischen Leitstände besteht eine direkte Datenverbindung. Bei der anderen Hälfte erfolgt die Auftragsfortschrittserfassung manuell über Belege oder aufgrund mündlicher Informationen. Arbeitsplanungsfunktionen sind bisher nur rudimen-





tär entwickelt und Gegenstand von Entwicklungsvorhaben einiger Hersteller und Projektgruppen (vgl. Gottschalch, Hämmerle 1989).

Während die potentielle Funktionsbreite der elektronischen Leitstände noch bei weitem nicht ausgeschöpft wird, werden Kernfunktionen der Feinplanung und Steuerung voll in Anspruch genommen. So erfolgt die Planung des gesamten Auftragsbestandes ("Neuaufwurf") bei etwa 60% der eingesetzten elektronischen Leitstände schicht- bzw. tageweise und in 40% der Fälle sogar mehrmals pro Schicht (vgl. *Bild 3*). Letzteres ist bei dem hohen Zeitaufwand einer manuellen Neuplanung von einer bis zu mehreren Stunden nur mit Hilfe von (teil-)automatischen Funktionen und Betriebsdatenerfassung möglich. In der Hälfte der Fälle wird dieser Neuaufwurf häufig aktualisiert, um die Veränderungen gegenüber dem vorausgegangenen Planungszyklus (Eilaufträge, Störungen, Prioritätenwechsel) zu erfassen. In 46% der Fälle erfolgt die Plananpassung mehrmals pro Schicht und Tag, und bei vier Prozent nur einmal täglich.

Die elektronischen Leitstände haben sich als zeitaktuelles Informations-, Planungs- und Steuerungssystem bewährt. Offensichtlich erreichen sie in der Belegungsplanung, bezogen auf die Kapazitätseinheit und den zeitlichen Ablauf, einen Genauigkeitsgrad und eine Treffsicherheit, die "ältere" PPS-Systeme mit ihrem wöchentlichen Stapellauf, aber auch "jüngere" mit täglicher Planungsfrequenz, bei weitem übertreffen.

#### 4. Organisatorische Einbindung elektronischer Leitstände - zentral oder dezentral?

Fast zwei Drittel der heute eingesetzten Leitstände (64%) werden im Sinne des Konzepts der *zentralen Fertigungssteuerung* genutzt (*Bild 5*): Der Einsatzbereich erstreckt sich auf mehrere Meistereien. Von dieser Gruppe steuern etwa drei Viertel 50 bis unter 100 Arbeitsplätze und ein Viertel zwischen 100 und 200 Arbeitsplätze. Da - wie oben ausgeführt - die Planungsgenauigkeit elektronischer Leitstände in der Regel sehr hoch ist, verliert in diesen Fällen der Meister einen Großteil seiner Steuerungsfunktionen.

In 28% der Fälle wird der elektronische Leitstand als Hilfsmittel des Meisters eingesetzt (*dezentrale Fertigungssteuerung*). Bei mehr als der Hälfte dieser Gruppe (54%) liegt die Zahl der gesteuerten Arbeitsplätze pro Meister bei unter 50 und in der verbleibenden knappen Hälfte bei 50 bis unter 100 Arbeitsplätzen. In 8% der Fälle ist die zu steuernde Einheit noch kleiner. Der elektronische Leitstand wird im Kontext einer Arbeitsgruppe (z.B. in einer Fertigungsinsel zur Kapazitätsbelegung) eingesetzt und - wie Beispiele zeigen - in der Regel vom Gruppenführer bedient. Die Leitstände dieser Gruppe steuern weniger als 50 Arbeitsplätze.

Formen der zentralen Fertigungssteuerung haben beim Einsatz elektronischer Leitstände mit etwas weniger als zwei Drittel aller in der Umfrage erfaßten Fälle ein deutliches Übergewicht. Die Anbieter prognostizieren jedoch einen *Dezentralisierungstrend* (vgl. *Bild 5*). Von den insgesamt



elf befragten Firmen vermuten acht, darunter auch die beiden mit den am meisten verkauften Systemen, daß sich in Zukunft ausschließlich Formen der dezentralen Fertigungssteuerung durchsetzen werden. Zwei Hersteller plädieren sowohl für zentrale als auch für dezentrale Entwicklungspfade. Nur ein Anbieter sieht im zentral eingesetzten elektronischen Leitstand den "Königsweg".

### **III. Einsatzkonzeptionen elektronischer Leitstände und Dispositionsspielräume der Produktionsarbeiter**

Die Form des Einsatzes elektronischer Leitstände als moderne Instrumente der Fertigungssteuerung hat erhebliche Bedeutung für die Entwicklungsperspektiven der Arbeitssysteme in der mechanischen Fertigung. Die Frage ist, inwieweit wichtige Momente der Kompetenz und Qualifikation von Produktionsfacharbeitern zerstört oder aber erhalten werden, die bisher insbesondere in der Serienfertigung komplexer Werkstücke einen wesentlichen Beitrag zur Produktionsökonomie und -flexibilität leisten.

#### **1. Die Beteiligung der Produktionsarbeiter am Steuerungsprozeß**

Die organisatorische Einbindung elektronischer Leitstände bleibt nicht ohne Konsequenzen für die Arbeitsteilung zwischen Produktionsarbeitern und Steuerungspersonal (Meister oder Leitstandsdisponent) bei der Festlegung der Auftragsreihenfolgen. Produktionsarbeiter waren und sind in weiten Bereichen des Maschinenbaus in die Steuerungssysteme einbezogen, indem sie an der Auswahl der ihnen zugewiesenen Auftragsbündel beteiligt sind und innerhalb der Bündel die Reihenfolgen selbst bestimmen (vgl. Manske 1990). Dadurch kommen dezentrale Logiken zur Geltung, die teilweise zentrale Logiken unterlaufen, diese teilweise aber auch stützen (zu nennen sind hier Interessen der Lohnstabilisierung, der Rüstzeitoptimierung, der Belastungsminderung etc.).

Ohne Zweifel werden diese Dispositionsspielräume durch die immer genauer planenden modernen Fertigungssteuerungssysteme eingeschränkt. Der Einsatz elektronischer Leitstände verstärkt diesen Trend, indem die Reihenfolgeplanung für den einzelnen Arbeitsplatz erleichtert wird. So scheint sich heute unabhängig von der Organisationsform der Fertigungssteuerung immer stärker die Einzelzuweisung von Aufträgen zu Arbeitsplätzen durchzusetzen. Indikator dafür ist etwa die oben beschriebene extensive Nutzung der Planungs- und Steuerungsfunktion elektronischer Leitstände. Wie ausgeführt, wird an fast allen heute eingesetzten Systemen der Auftragsbestand zumindest schicht- bzw. tageweise und für die einzelnen Maschinen in Reihenfolgen vorgeplant. Wiederum in fast allen Fällen wird die Belegungsplanung laufend oder zumindest mehrmals pro Schicht und Tag aktualisiert. Damit werden auch die aufgrund von Eilaufträgen, Störungen etc. anfallenden Umplanungen über die elektronischen Leitstände abgewickelt. Auch der verbreitete BDE-Einsatz (bei knapp der

Hälfte der erfaßten Fälle) und die hohe Rückmeldegenauigkeit (bei mehr als der Hälfte der Fälle pro Arbeitsgang) weisen in dieselbe Richtung.

Dieser Trend hat jedoch je nach Organisationsform der Fertigungssteuerung unterschiedliche Konsequenzen für die Produktionsarbeiter. Am stärksten sind sie dort in das Steuerungssystem einbezogen, wo - wie bei der Minderheit von etwa acht Prozent der Fälle - elektronische Leitstände als Hilfsmittel teilautonomer Arbeitsgruppen etwa in Fertigungsinseln fungieren. Auch wenn die Einplanung der Aufträge durch einen Gruppenführer erfolgt, besteht ein erheblicher Einfluß der Gruppenmitglieder auf die Maschinen- und Kapazitätsbelegung. Ein Team von 8 bis 15 Produktionsarbeitern hat die Möglichkeit, das Erfahrungswissen der einzelnen über eine günstige Zuordnung von Aufträgen zu Maschinen und Personen, über Rüstzeitabhängigkeiten, etc. einzubringen, sowie Interessen und Vorlieben in der konkreten Produktionsplanung zu berücksichtigen. Obwohl im Endeffekt genaue und verbindliche Reihenfolgeplanungen für die einzelnen Kapazitätseinheiten durchgeführt und möglicherweise die Aufträge einzeln zugewiesen werden, haben die Mitglieder solcher Gruppen Einfluß auf die Reihenfolgebildung und Arbeitsverteilung.

Je größer die Steuerungseinheiten, desto schwieriger wird es, die Produktionsarbeiter am Planungs- und Steuerungsprozeß zu beteiligen. Meistereien in der mechanischen Fertigung des Maschinenbaus umfassen je nach Prozeßkomplexität und Betriebsorganisation zwischen 30 und 100 Arbeitsplätze. Bei Größenordnungen von 50 und mehr Arbeitsplätzen dürfte sich der Einfluß der Arbeiter bei der Maschinenbelegung auf nachträgliche Korrekturen beschränken. Unterhalb dieser Ebene sind noch engere Kooperationsformen denkbar.

Am geringsten dürfte der Einfluß bei den mit knapp zwei Dritteln der eingesetzten elektronischen Leitstände heute noch dominierenden, aber langfristig wohl zurückgehenden Formen der zentralen Fertigungssteuerung sein. Hier werden bis zu 200 Arbeitsplätze verplant, eine auch nur partielle Einbindung der Produktionsarbeiter in den Planungsprozeß würde die Informationsverarbeitungskapazität des Disponenten überfordern und muß daher Ausnahme bleiben (es sei denn, den Arbeitern werden durch Zuweisung von Auftragsbündeln Spielräume belassen).

## **2. Die Überwachung des Auftragsfortschritts**

Die Überwachung des Auftragsfortschritts gehört zu den betriebspolitisch äußerst sensiblen Themen. Durch die Erfassung von Arbeitsgangzeiten werden Leistungsdaten ermittelt. Auch dann, wenn solche Informationen von Personaldaten entkoppelt werden, bleiben sie brisant, erlauben sie doch die ständige Kontrolle von Vorgabezeiten (beim Akkordlohn) oder von Planzeiten (beim Zeitlohn). In Anlehnung an Manske 1990 kann man von Surrogatvorgabezeitermittlung sprechen (vgl. auch Erb 1984; Baron u.a. 1987).

Die Herstellerumfrage zeigt einen deutlichen Trend in Richtung auf die genaue Erfassung der Arbeitsgangzeiten im Zusammenhang mit dem Einsatz von elektronischen Leitständen. So ist bereits heute knapp die Hälfte der erfaßten Fälle mit einem BDE-System gekoppelt. Bei der anderen Hälfte erfolgt die Auftragsfortschrittserfassung über Belege oder mündlich.

Die Relevanz, die einer hohen Transparenz des Fertigungsflusses beigegeben wird, macht sich auch in der Rückmeldepraxis bemerkbar. So wird bei der Mehrzahl der elektronischen Leitstände (53%) pro Arbeitsgang rückgemeldet, bei den verbleibenden 47% schichtweise. Acht Anbieter halten die arbeitgangweise Rückmeldung für wirtschaftlich sinnvoll, nur drei plädieren für eine Differenzierung der Rückmeldepraxis je nach Fertigungsumgebung.

Der Trend zum BDE-Einsatz und zur arbeitganggenauen Rückmeldung an Leitständen wird häufig mit zwei Argumenten begründet. Zum einen sei eine ständig aktuelle Übersicht über den Fertigungsablauf Voraussetzung für die Nutzung als Steuerungsinstrument. Zum anderen hätten die Betriebsdatenerfassung und der elektronische Leitstand eine Reihe von Statistik- und Analysefunktionen zu erfüllen, die sich von der Störungserfassung und -analyse bis hin zur mitlaufenden Kostenkontrolle bewegen.

Eine Gegenüberstellung der Befragungsergebnisse zur Rückmeldefrequenz und denen zur Planungsfrequenz scheint den ersten Teil dieses Arguments zu bestätigen. So wird an etwa 40% der elektronischen Leitstände mehrmals pro Schicht der gesamte Auftragsbestand geplant, Planungsanpassungen erfolgen in nahezu allen Fällen mehrmals täglich, in der Hälfte der Fälle sogar laufend. Voraussetzung für Neuaufwürfe und Plananpassungen ist jeweils ein aktueller Datenbestand. Wenn mehrfach täglich geplant wird, reicht eine schichtweise Rückmeldung von Auftragsbündeln nicht aus.

Andere Einsatzformen zeigen jedoch alternative Wege auf. In einem Fall wird der elektronische Leitstand als Hilfsmittel teilautonomer Gruppen in Fertigungsinseln eingesetzt. Die Inselführer verantworten die Planung, alle Gruppenmitglieder können jedoch den elektronischen Leitstand als Informationsträger benutzen und Vorschläge in den Planungsprozeß einbringen. BDE-Einsatz und zeitgenaue Rückmeldung werden praktiziert, die Arbeitsgangzeiten werden jedoch nicht gespeichert und alle Informationen nur tageweise als Aggregat an die nächsthöhere PPS-Ebene weitergegeben. Der potentielle "Feind" Betriebsdatenerfassung wird gewissermaßen durch eine "Umarmungstaktik" entschärft.

Auch in einem zweiten Fall wird der elektronische Leitstand im Kontext von Fertigungsinseln eingesetzt, hier hat man ihm allerdings "den Zahn BDE gezogen". Die schichtweisen Rückmeldungen werden bündelweise eingegeben. Argumentiert wird, daß der relativ genaue Schichtplan noch am einfachsten durch die manuelle Eingabe der Störungen und Veränderungen aktualisiert wird. Zwischen den Planungszeitpunkten werden also nur die Planabweichungen erfaßt. Für die statistischen Funktionen - so die



Argumentation - reichen die aggregierten Daten vollständig aus (vgl. hierzu auch Gottschalch, Hämmerle 1989).

#### IV. Entwicklungstendenzen

Betrachtet man die Entwicklung insgesamt, so lassen sich heute zwei Konzeptionen der technischen und organisatorischen Einbindung elektronischer Leitstände ausmachen. In der einen Konzeption fungieren diese Systeme als Lückenbüßer der zentralen Fertigungssteuerung. In der anderen Konzeption wird der elektronische Leitstand technisch als eigenständiges Fertigungssteuerungssystem mit hohem Dispositionsspielraum und organisatorisch als Unterstützung dezentraler Einheiten betrieben.

Die erste Konzeption scheint die Entwicklung zu dominieren.<sup>3</sup> Die durch die Ausdifferenzierung von Regelkreisen und verbesserte Dialogtechniken effektivierten zentralen Fertigungssteuerungssysteme erlauben die (Teil-)Automatisierung von Funktionen und Aufgaben, die ehemals auf die verschiedenen Hierarchieebenen bis hinunter zum Produktionsarbeiter verteilt waren (etwa in der traditionellen Meisterwirtschaft). Die verbleibenden manuellen Planungsfunktionen werden gebündelt und bereichs- bzw. werksweise zentralisiert. In solchen Konzeptionen haben elektronische Leitstände die Funktion der bloßen Umsetzung und Anpassung zentraler Planvorgaben. Ihr teilweise dezentraler Einsatz (als Hilfsmittel des Meisters oder von teilautonomen Arbeitsgruppen) findet in einem relativ engen Rahmen statt und wird möglicherweise bei einer Weiterentwicklung der zentralen Fertigungssteuerung obsolet.

In der Alternativkonzeption (vgl. Herterich, Zell 1989; Gottschalch, Hämmerle 1989; Hars, Scheer in diesem Band) erhält der Leitstand umfangreichere Kompetenzen - bis hin zur Verplanung von Wochen- oder Monatsvorräten und der Integration von Arbeitsplanungsfunktionen. Die Koordinationsfunktion zwischen den dezentralen Einheiten (z.B. Inseln) und der Produktionsplanungsebene wird entweder von zentralen Fertigungssteuerungssystemen oder von einem Master-Leitstand wahrgenommen. Organisatorisch wird der elektronische Leitstand dem Meister oder

<sup>3</sup> In der Einschätzung der PPS-Entwicklung widersprechen unsere Projektergebnisse den einschlägigen sozialwissenschaftlichen Maschinenbaustudien von Manske (1990) und Hildebrandt, Seltz (1989). Manske läßt die Frage offen, ob sich im Kernbereich des Maschinenbaus Systeme der "Rahmenplanung" oder der "Totalplanung" durchsetzen. Hildebrandt und Seltz gehen von einer neuen Phase der PPS-Implementation aus. Diese zeichne sich aus durch eine "Rücknahme zentraler Feinsteuerung der Werkstatt mittels EDV", einen Ausbau der BDE (systemische Kontrolle) und "neue Instrumente der Information, Beteiligung und sozio-kultureller Motivation ... (dezentrale EDV-Auslegung)" (S. 416). Unsere Befunde sprechen dafür, daß sich als Haupttendenz eine neue Form der Totalplanung mit dezentralen Regelkreisen durchsetzt. Solche Systemkonfigurationen implizieren eine deterministische Reihenfolgeplanung für den einzelnen Arbeitsplatz und haben nichts mit sozio-kultureller Motivation zu tun. Die "betriebliche Sozialverfassung" scheint als Sperre gegen tayloristische Rationalisierungsstrategien zu versagen. Möglicherweise gehen die Befunde teilweise auf unterschiedliche Erhebungszeiträume zurück. Die empirischen Erhebungen beider Maschinenbauprojekte wurde im wesentlichen in der ersten Hälfte der 80er Jahre durchgeführt, unsere dagegen von 1986-89.



teilautonomen Gruppen zugeordnet. Die Rückmeldepraxis ist gekennzeichnet durch die Devise "soviel wie nötig und sowenig wie möglich".

Beide Konzeptionen und Entwicklungstendenzen bezeichnen Bandbreiten des Einsatzes elektronischer Leitstände, die je nach Betriebsgröße, Fertigungstyp, Fertigungsorganisation und Unternehmensphilosophie unterschiedlich ausfallen. Betrachtet man die PPS-Entwicklung über einen längeren Zeitraum, so kann der Eindruck entstehen, daß sich bei den modernen zentralistischen Konzeptionen die Fehler der Vergangenheit wiederholen. Die Planungs- und Steuerungspotentiale werden überschätzt, wertvolle und unersetzbare Kompetenzen von Werkstattmitarbeitern bleiben ungenutzt oder werden sogar zerstört. Die modernen Systeme haben zwar die Grenzen der Planung wieder ein Stück weit hinausgeschoben aber keinesfalls das grundlegende Komplexitätsproblem der Fertigungssteuerung gelöst.

Durch den Einsatz moderner PPS-Systeme und Strategien der Fertigungssegmentierung konnten in vielen Betrieben die Durchlaufzeiten erheblich (teilweise bis zu 50%) gesenkt werden. Im klassischen Maschinenbau jedoch, dem Haupteinsatzfeld elektronischer Leitstände, stoßen diese Strategien auf Grenzen: Unterhalb einer bestimmten Grenze der Pufferbildung geht die Kapazitätsauslastung zurück.<sup>4</sup> Wenn bei Störungen nicht auf Alternativaufträge zurückgegriffen werden kann, kommt es zu Maschinenstillständen. Nach wie vor müssen erhebliche Liegezeiten für teulfertige Produkte in Kauf genommen werden, wenn die immer kapitalintensiveren Anlagen hohe Nutzungszeiten erreichen sollen. Betrug beispielsweise in vielen Betrieben vor entsprechenden Modernisierungsmaßnahmen die durchschnittliche Durchlaufzeit von Werkstücken mit zehn Arbeitsgängen durch die mechanische Fertigung drei Monate, so gelten heute sechs bis acht Wochen schon als gute Werte. Einige Tage Liegezeit für einen Arbeitsgang sind bei der Werkstattfertigung von Kleinteilen kaum zu unterschreiten, wenn man einmal von Eilteilen absieht (Wiendahl 1987, S. 288 f.).

Dies bedeutet, daß nach wie vor erhebliche Spielräume für die Optimierung der Zuordnung von Auftrag, Mensch und Maschine durch Meister und Produktionsarbeiter zur Verringerung von Rüstzeiten, zur Verbesserung der Qualität und Durchlaufgeschwindigkeiten und zur Erhöhung der Arbeitszufriedenheit und -motivation gegeben sind. Viele der für die dezentralen Optimierungsprozesse erforderlichen Informationen sind nur unter großem Aufwand zu "computerisieren". Dies betrifft etwa die Rüstzeiten in Abhängigkeit vom jeweils vorhergehenden Auftrag bei einer geringen Wiederholhäufigkeit von Teilen (Rüstzeitmatrizen) oder das auf Erfahrungen und zum Teil nur schwer kommunizierbaren geistigen Bildern basierende Steuerungswissen von Werkstattmitarbeitern. Überhaupt nicht zu "computerisieren" sind Veränderungen der Fertigungssituation, deren Auswirkungen auf den Produktionsprozeß variieren oder der menschlichen Interpretation bedürfen. Dazu gehören etwa Schwankungen

<sup>4</sup> Auch in der Massenfertigung stoßen Just-in-time-Strategien auf Grenzen, so daß Puffer, dezentrale Handlungsspielräume und möglicherweise elektronische Leitstände Sinn machen (vgl. Moldaschl 1990).

in der "Tagesform" von Arbeitern oder Temperaturschwankungen in ihren Auswirkungen auf einzelne Maschinen oder bestimmte Werkstücke und Materialien. Von großer Bedeutung sind auch Veränderungen im Fertigungskontext, durch die sich die Steuerungsziele der Werkstatt verschieben. So muß bei Terminkonflikten die Relevanz unterschiedlicher Kundenaufträge bewertet werden, bei Kapazitätsüberlastung gelten andere Strategien als bei geringer Belastung etc.

Zentral für Qualität, Geschwindigkeit und Flexibilität der Auftragsbearbeitung ist auch eine möglichst weitgehende Berücksichtigung der Wünsche und Interessen der Produktionsarbeiter. Solche Interessen gehen weit über Fragen der Lohnstabilisierung und Belastungsregulierung hinaus, wie sie etwa mit Hilfe des "Vorderwassers" angestrebt werden. Intrinsische Interessen an der Vermeidung von Monotonie durch Abwechslung oder an inhaltlich interessanten und herausfordernden Aufträgen spielen im betrieblichen Alltag eine große Rolle und sind insbesondere langfristig für den Qualifikationserhalt des einzelnen Arbeiters wie für die Stabilität ganzer Arbeitssysteme von erheblicher Bedeutung.

Das Erfahrungswissen und direkte persönliche Beziehungsgeflechte zwischen unteren Vorgesetzten (Meister, Vorarbeiter, Gruppenführer) und Produktionsarbeitern bleiben insbesondere im Kontext flexibler und komplexer Produktionsprozesse von erheblichem Gewicht für die Fertigungssteuerung. Hier handelt es sich nicht um vernachlässigbare Restgrößen, die durch neue Informationstechniken überflüssig werden.<sup>5</sup>

Elektronische Leitstände sind ein hervorragendes Mittel zur Nutzung und Mobilisierung dieses Erfahrungswissens. Die hohe Bedienerfreundlichkeit der angebotenen Systeme prädestiniert sie geradezu für dezentrale Einsatzformen. Sie sollten daher nicht als Anhängsel oder "Wurmfortsatz" von PPS- und zentralen Fertigungssteuerungssystemen genutzt, sondern als aktives und gewichtiges Element mit eigenem Dispositionsbereich im Gesamtsystem eingesetzt werden. Dies kann je nach Rahmenbedingungen den Einsatz als eigenständiges Steuerungssystem oder als Ergänzung eines zentralen Fertigungssteuerungssystems bedeuten. In ein solches Konzept paßt eine "weiche" Auftragsfortschrittserfassung, die die sozialen Komponenten der Steuerungs- und Arbeitssysteme berücksichtigt und sich in der Erfassung und Weiterleitung von Daten auf ein vertretbares Minimum beschränkt.

---

<sup>5</sup> Zur Kategorie des Erfahrungswissens vgl. Böhle, Milkau 1988; Rosc 1990.

## Literatur

- Baron, R.; Bodem, H.; Deinhard, Ch.; Schwatlo, U.: Mensch, Computer, Information. Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit EDV-gestützter Betriebsdatenerfassungssysteme. RKW-Schriftenreihe Mensch und Technik, Eschborn 1987.
- Böhle, F.; Milkau, B.: Vom Handrad zum Bildschirm - Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß, Frankfurt/München 1988.
- Erb, W.: Gläserner Mensch - Gläserne Arbeit. Die Erfassung und Verarbeitung von Betriebsdaten (BDE/BDV). Arbeitsheft der IG Metall zur Humanisierung des Arbeitslebens Nr. 12, Frankfurt/Main 1984.
- Friedrichs, P.; Gromotka, W.: Fertigungsleitsysteme - Marktübersicht und Gruppierung. In: VDI-Z 131, Nr. 8, 1989.
- Gottschalch, H.; Hämmerle, E.: Arbeits- und sozialwissenschaftliche Erfahrungen zur Gestaltung einer Werkstattsteuerung für Fertigungsinseln in CIM-Strukturen. In: AWF (Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung e.V.), Tagungsband der Fachtagung Fertigungsinseln am 6./7.12.1989, Eschborn 1989.
- Herterich, R.; Zell, M.: Dezentrale Fertigungssteuerung - Neue Ansätze zur interaktiven Steuerung teilautonomer Bereiche bei Einzel- und Kleinserienfertigung. In: VDI-Z 131, Nr. 5, 1989.
- Hildebrandt, E.; Seltz, R.: Wandel betrieblicher Sozialverfassung durch systemische Kontrolle? - Die Einführung computergestützter Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme im bundesdeutschen Maschinenbau, Edition Sigma, Berlin 1989.
- Hirsch-Kreinsen, H.; Schultz-Wild, R.; Köhler, Ch., Behr, M. v.: Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion - Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau, Campus Verlag, Frankfurt/München 1990.
- ISF München (Hrsg.): Arbeitsorganisation bei rechnerintegrierter Produktion - Zur Einführung neuer Techniken in der Metallindustrie, KfK-PFT 137, Karlsruhe 1988.
- ISF München (Hrsg.): Strategische Optionen der Organisations- und Personalentwicklung bei CIM - Beiträge zur Initiative CIM-Technologie-Transfer, KfK-PFT 148, Karlsruhe 1989.
- Jenuwein, D.: EDV-gestützte Leitstände, Diplomarbeit, München 1988.
- Manske, F.; Wobbe-Ohlenburg, W., unter Mitarbeit von Mickler, O.: Rechnerunterstützte Systeme der Fertigungssteuerung in der Kleinserienfertigung - Auswirkungen auf die Arbeitssituation und Ansatzpunkte für eine menschengerechte Arbeitsgestaltung, KfK-PFT 90, Karlsruhe 1984.
- Manske, F.: Neue Zeiten: Neue Formen der Kontrolle und Rationalisierung von Arbeit, Edition Sigma, Berlin 1990.
- Moldaschl, M.: Krankheit JIT-Syndrom - Therapie Leitstand? In: VDI-Z 132 (1990), Nr. 3 - März.
- Rosc, H. (Hrsg.): Programmieren in der Werkstatt - Perspektiven für Facharbeit mit CNC-Maschinen, Campus Verlag, Frankfurt/München 1990.
- Schallock, B.: Einsatz von Fertigungsleitsystemen. In: K. Mertins (Hrsg.): Planen und Steuern der Fabrik, Tagungsbericht, (IPK), Berlin, November 1989.
- Pabst, H.-J.: Analyse der betriebswirtschaftlichen Effizienz einer computergestützten Fertigungssteuerung mit CAPOSS - E in Maschinenbaubetrieben mit Einzel- und Kleinserienfertigung, Frankfurt/Bern/New York 1985.
- Strack, M.: Optimale Produktionssteuerung - Organisation, Wirtschaftlichkeit und Einführung konventioneller und EDV-gestützter Leitstände, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln 1986.
- Strack, M.: Elektronische Leitstände - Ein Thema für den Mittelstand? In: A.-W. Scheer (Hrsg.): CIM in Deutschland, Fachtagung Saarbrücken, Saarbrücken 1989.
- Wiendahl, H.-P.: Belastungsorientierte Fertigungssteuerung - Grundlagen, Verfahrensaufbau, Realisierung, Carl Hanser Verlag, München/Wien 1987.

## Literatur aus dem Projekt "Werkstattqualifikation"

- Behr, Marhild von: EDV-Einsatz und Entwicklungstendenzen in Industriebetrieben. Beitrag zur technologiepolitischen Konferenz der IG-Metall "Fabrik 2000 - Einbahnstraße, oder können noch Weichen gestellt werden?" in Hamburg, 19.-21.11.1987, hektogr. Bericht, München, November 1987.
- Behr, Marhild von; Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Qualifizierte Produktionsarbeit und CAD/CAM-Integration - Erste Befunde und Hypothesen. In: VDI-Z, Heft 1, 129. Jg., 1987, S. 18-23.
- Behr, Marhild von; Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Arbeitsgestaltung bei CIM-Einführung. In: VDI-Z, Heft 7, 130. Jg., 1988, S. 18-21.
- Behr, Marhild von; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Köhler, Christoph: Strategic Options for Job Design in CIM-Systems - Experiences From West Germany. Paper Prepared for the IFIP Working Conference "Man in Flexible Automated Manufacturing", Prague, June 1990.
- Behr, Marhild von; Köhler, Christoph: Alternativen der Arbeitsgestaltung. In: CIM Management, Heft 6, 1988, S. 9-15.
- Behr, Marhild von; Köhler, Christoph: CIM and Work Design in West Germany, hektogr. Manuscript, München 1989 (forthcoming).
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Technische Entwicklungslinien und ihre Konsequenzen für die Arbeitsgestaltung. In: H. Hirsch-Kreinsen; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Rechnerintegrierte Produktion, Frankfurt/München 1986, S. 13-48.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Rechnerintegrierte Produktionstechniken und Konsequenzen für die Arbeitsgestaltung - Diskussionsprotokoll. In: IG Metall (Hrsg.): CIM oder die Zukunft der Arbeit in rechnerintegrierten Fabrikstrukturen - Ergebnisse einer Fachtagung der IG Metall, Frankfurt 1987, S. 55-69.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Lutz, Burkart: Soziale Einflußgrößen fertigungstechnischer Entwicklung. In: Zwf, Heft 9, 82. Jg., 1987, S. 538-543.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Behr, Marhild von: Implementation rechnerintegrierter Systeme und Gestaltung der Arbeitsorganisation. In: ISF München (Hrsg.): Arbeitsorganisation bei rechnerintegrierter Produktion, Karlsruhe 1988, S. 25-42.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Integrated CAD/CAM Systems and Organizational Latitudes on the Shop Floor - Initial Findings and Hypotheses. In: M. Rader et al. (eds.): Social Science Research on CAD/CAM - Results of a First European Workshop, Physica-Verlag, Heidelberg/New York 1988, pp. 175-181.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Rechnereinführung und Handlungspotentiale für Belegschaften. Beitrag zur IG-Metall Arbeitstagung "Betrieb der Zukunft", 25.-27.5.1988, Mainz, hektogr. Bericht, München 1988.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Soziale Bedingungen der NC-Entwicklung - in den USA und der Bundesrepublik Deutschland. In: Zwf, Heft 8, 83. Jg., 1988, S. 422-425.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Realisierungsprobleme von Gruppenarbeit. In: L. Kamp (Hrsg.): Arbeit in der Fabrik der Zukunft, Marburg 1989, S. 95-98.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Organisatorische und personelle Probleme bei CIM. In: VDI-Z, Heft 5, 1990.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Schultz-Wild, Rainer (Hrsg.): Rechnerintegrierte Produktion - Zur Entwicklung von Technik und Arbeit in der Metallindustrie, Frankfurt/ München 1986.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Schultz-Wild, Rainer: Implementation Processes of New Technologies - Managerial Objectives and Interests, Paper Prepared for the IFAC Workshop on "Skill Based Automated Manufacturing", Karlsruhe, Kernforschungszentrum 3.-5. September 1986.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Schultz-Wild, Rainer: Implementation Processes of New Technologies - Managerial Objectives and Interests. In: Automatica, March 1990.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Schultz-Wild, Rainer: Skilled and Cooperative Production Work in Computer Integrated Manufacturing, Tallin/UDSSR, August 1990.



- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Schultz-Wild, Rainer; Köhler, Christoph; Behr, Marhild von: Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion - Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau, Frankfurt/München 1990.
- ISF München (Hrsg.): Arbeitsorganisation bei rechnerintegrierter Produktion - Zur Einführung neuer Techniken in der Metallindustrie, KfK-PFT 137, Karlsruhe 1988.
- ISF (Hrsg.): Strategische Optionen der Organisations- und Personalentwicklung bei CIM - Beiträge zur Initiative CIM-Technologie-Transfer, KfK-PFT 148, Karlsruhe 1989.
- Köhler, Christoph: Tesis sobre los Cambios de Cualificación Profesional en el Ramo de la Construcción de Maquinaria en la Republica Federal de Alemania. In: Sociologia Del Trabajo, Sonderband, Madrid 1989 (forthcoming).
- Köhler, Christoph: Der elektronische Leitstand - Befehlsempfänger der PPS oder Partner der Werkstatt? - Technische und organisatorische Konzeptionen der Nutzung - Ergebnisse einer Anbieterbefragung. In: VDI-Z, Heft 3, 132. Jg., 1990, S. 14-19.
- Köhler, Christoph: Vom Primat der Ökonomie zum Primat der Politik? - Thesen zum Wandel von Arbeits- und Qualifikationsstrukturen im bundesdeutschen Maschinenbau. In: H.-W. Franz u.a. (Hrsg.): Qualifizierte Arbeit in Spanien, Saarbrücken 1990.
- Köhler, Christoph; Behr, Marhild von; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Lutz, Burkart; Nuber, Christoph; Schultz-Wild, Rainer: Alternativen der Gestaltung von Arbeits- und Personalstrukturen bei rechnerintegrierter Fertigung. In: ISF München (Hrsg.): Strategische Optionen der Organisations- und Personalentwicklung bei CIM, Karlsruhe 1989, S. 3-60.
- Köhler, Christoph; Behr, Marhild von; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Lutz, Burkart; Nuber, Christoph; Schultz-Wild, Rainer: Probleme und Lösungsansätze der Realisierung qualifizierter Fertigungsarbeit. In: ISF München (Hrsg.): Strategische Optionen der Organisations- und Personalentwicklung bei CIM, Karlsruhe 1989, S. 61-118.
- Köhler, Christoph; Behr, Marhild von; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Nuber, Christoph; Schultz-Wild, Rainer: Skilled Group Work in a Flexible Manufacturing System - Alternative Work Organization in a Mechanical Engineering Plant. In: D. Preece (ed.): Adopting New Technology - An International Comparison, Routledge, London 1990.
- Köhler, Christoph; Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Divergierende Rationalisierungsstrategien im Maschinenbau - Anmerkungen zum Beitrag von R. Seltz und E. Hildebrandt. In: L. Pries u.a. (Hrsg.): Trends betrieblicher Produktionsmodernisierung, Opladen 1989, S. 72-83.
- Köhler, Christoph; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Schmierl, Klaus: Computer Integrated Manufacturing (CIM) - Technological and Organizational Change in the West-German Capital Goods Industry, hectogr. Manuscript, München 1989 (forthcoming).
- Köhler, Christoph; Nuber, Christoph; Schultz-Wild, Rainer: Rationalisierungsprozesse mit verdeckten Folgen - Ansätze gewerkschaftlicher Politik. In: AFA-Informationen (Arbeitsausschuß für Arbeitsstudien), Heft 4, 37. Jg., 1987, S. 9-25.
- Köhler, Christoph; Nuber, Christoph: Probleme und Strategien der Durchsetzung qualifizierter Gruppenarbeit. In: ISF München (Hrsg.): Arbeitsorganisation bei rechnerintegrierter Produktion, Karlsruhe 1988, S. 113-133.
- Lutz, Burkart: Einführung: Qualifikationsentwicklung in der mechanischen Fertigung - zur Fragestellung eines sozialwissenschaftlichen Forschungsprojekts. In: H. Hirsch-Kreinsen; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Rechnerintegrierte Produktion, Frankfurt/München 1986, S. 5-11.
- Lutz, Burkart: Qualifizierte Gruppenarbeit - Überlegungen zu einem Orientierungskonzept technisch-organisatorischer Gestaltung. In: ISF München (Hrsg.): Arbeitsorganisation bei rechnerintegrierter Produktion, Karlsruhe 1988, S. 99-112.
- Nuber, Christoph; Schultz-Wild, Rainer: Facharbeitereinsatz und Verbreitung von Werkstattprogrammierung - Neue Durchsetzungschancen eines vieldiskutierten Konzepts? In: H. Rose (Hrsg.): Programmieren in der Werkstatt, Frankfurt/München 1990, S. 155-183.
- Project-Group ISF: Skilled Production Work in a Flexible Manufacturing System - Alternative Work Organization in a Mechanical Engineering Plant. In: F. Prasse (ed.): Human Factors in System Design: Methodology and Cases in Factory Automation. Report to the Commission of the European Communities, Directorate-General Employment, Social Affairs and Education, Apeldoorn, October 1987, pp. 89-115.

- Schultz-Wild, Rainer: Entwicklungsbedingungen von Arbeitsstrukturen in der mechanischen Fertigung. In: H. Hirsch-Kreinsen; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Rechnerintegrierte Produktion, Frankfurt/München 1986, S. 143-173.
- Schultz-Wild, Rainer: Qualifizierte Gruppenarbeit bei flexibler Automatisierung - ein Fallbeispiel. In: H. Hirsch-Kreinsen; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Rechnerintegrierte Produktion, Frankfurt/München 1986, S. 175-202.
- Schultz-Wild, Rainer: New Production Technologies and their Implications for Manpower and Training Policies. Paper Prepared for the EG-Symposium "New Production Systems", 2nd - 4th July 1986 - Torino, Italy - Working Party No. 3, Munich, June 1986.
- Schultz-Wild, Rainer: Work Design and Work Organization in Flexible Manufacturing Systems. In: R. Isermann (ed.): 10th World Congress on Automatic Control, Vol. V, 1987, pp. 333-339.
- Schultz-Wild, Rainer: Transformation Conditions of Future Factory Structures: Technology, Organization, Education and Vocational Training. In: CIMS (Computer-Integrated Manufacturing Systems), Vol. 1, No. 2, 1988, pp. 82-88.
- Schultz-Wild, Rainer: On the Threshold of Computer Integrated Manufacturing: Diffusion Trends of CIM-Technologies in West German Industries. In: Computer-Integrated Manufacturing Systems, Vol. 2, Number 4, 1989, pp. 240-248.
- Schultz-Wild, Rainer: Process-related Skills: Future Factory Structures and Training. In: M. Warner et al. (eds.): New Technology and Manufacturing Management, Chichester/New York/Brisbane/Toronto/Singapore 1990, pp. 87-99.



## **DAS INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG E.V. - ISF MÜNCHEN -**

Das ISF - ein eingetragener Verein mit anerkannter Gemeinnützigkeit - entstand in seiner jetzigen Form und Aufgabenstellung 1965 und finanziert sich ausschließlich durch projektgebundene Einnahmen. Mitglieder des Vereins und seines Vorstandes sind Personen, die mit der Arbeit des Instituts - zum Teil als langjährige Mitarbeiter - verbunden sind.

Die Arbeitsgebiete des ISF sind vor allem: Industriesoziologische Technikforschung, Qualifikations- und Arbeitsmarktforschung und Untersuchungen über betriebliche Arbeits- und Personalpolitik. Bei den Projekten handelt es sich entweder um Auftragsforschung für öffentliche Stellen, insbesondere für fachlich zuständige Bundesministerien, oder um Grundlagenforschung, insbesondere im Rahmen eines Sonderforschungsbereiches der Universität München, an dem das Institut beteiligt ist (SFB 333 - Entwicklungsperspektiven von Arbeit). Das Institut ist bestrebt, Auftragsforschung und Grundlagenforschung im wechselseitigen Interesse thematisch und personell möglichst eng zu koordinieren.

Im ISF arbeiten etwa 25 Wissenschaftler mit sozial- bzw. wirtschaftswissenschaftlicher Ausbildung, nicht selten mit einer Zusatz- oder Doppelqualifikation (Wirtschaftswissenschaften/Soziologie, Jurisprudenz/Soziologie bzw. Nationalökonomie, Ingenieurwissenschaften/Soziologie, Psychologie) und überwiegend mit langjähriger Forschungserfahrung.

Ein Überblick über die bisherigen Arbeiten und Veröffentlichungen ist über das Institut erhältlich.

**INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG E.V. - ISF MÜNCHEN**

Jakob-Klar-Straße 9 - D 8000 München 40 - Tel. 089/ 27 29 21-0 - Fax 089/27 29 21 60